This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

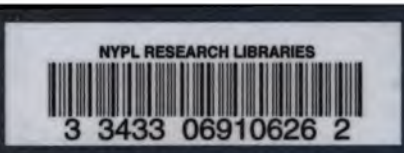
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06910626 2

PCD

PCD
~~1341 g~~
~~PB54~~
772

Dem

Durchlauchtigſten Fürſten und Herrn

Herrn

Chriſtian Friederich Karl Alexander,

Markgrafen zu Brandenburg; in Preußen, zu Schleſien, Magdeburg, Cleve, Jülich, Berg, Stettin, Pommern, der Caſſuben und Wenden, zu Meklenburg und Croſſen Herzog; Burggraf zu Nürnberg, Ober- und unterhalb Gebürgs; Fürſt zu Halberſtadt, Minden, Camin, Wenden, Schwerin, Ratzeburg und Mörs; Graf zu Glatz, Hohenzollern, der Mark, Ravensberg und Schwerin; Herr zu Ravenſtein, der Lande Roſtock und Stargard; Graf zu Sayn und Wittgenſtein; Herr zu Limburg ꝛc. ꝛc. des löblichen Fränkiſchen Kraiſes Kraisoberſter und Generalfeldmarſchall; Ihro Römiſch Kaiſerlichen auch Königlich Preußiſchen Majeſtät, Majeſtät, reſpektive General-Major und General-Lieutenant, auch Obriſter über drei Cavallerie-Regimenter ꝛc.

Meinem gnädigſten Fürſten und Herrn.

Durchlauchtigſter Markgraf,

Gnädigſter Fürſt und Herr,

Erlauben Ew. Hochfürſtl. Durchlaucht, dieſe Blätter Höchſtdenenſelben ehrfurchtsvoll zu Füßen legen, und dieſe Gelegenheit benutzen zu dürfen, öffentlich meinen unterthänigſten Dank für die unbegrenzte Huld zu bezeugen, welche Ew. Hochfürſtl.

Vorrede.

Wenn Einer der größten Physiker und Mathematiker*) öffentlich sagt: „Ich „weiß, daß nunmehr Engländer und „Italiäner das Deutsche erlernen, aus der löb„lichen Absicht, das Beste, was in Europa in „der Physik geschrieben wird, lesen zu können„ und wenn eben der Mann, als der kompetenteste Richter in dieser Sache, an eben dem Ort sagt: „Die physikalischen Schriften der Ausländer ha„ben sehr oft bei uns das Glück, das sie bei an„dern Nationen selten haben, nemlich von Män„nern übersetzt zu werden, die selbst bessere Ori„ginale hätten schreiben können„ Und wenn es gewiß ist, daß eben dieses auch von mathematischen Schriften gilt, so liegt darin für jeden, der die Uebersetzung einer ausländischen Schrift ins Deutsche übernimmt, entweder ein wohlmeinender Wink, die Feder niederzulegen, oder eine scharfe Anweisung zu den großen Pflichten, die man dabei zu erfüllen hat. Und eben darum

*) Hr. Hofr. Lichtenberg in der Vorrede zu Hrn. Erxlebens Naturlehre.

Durchlaucht mir bis hierhin widerfahren zu laſſen die höchſte Gnade gehabt haben. Ich flehe um dieſelbe mit den Meinigen auch für die Zukunft, und erſterbe in tiefſter Unterwürfigkeit

Ew. Hochfürſtl. Durchl.

Gerabronn,
den 7. April 1790.

unterthänigſt treugehorſamſter Knecht
Karl Chriſtian Langsdorf.

Vor-

Vorrede.

Wenn Einer der größten Physiker und Mathematiker*) öffentlich sagt: „Ich „weiß, daß nunmehr Engländer und „Italiäner das Deutsche erlernen, aus der löb„lichen Absicht, das Beste, was in Europa in „der Physik geschrieben wird, lesen zu können„ und wenn eben der Mann, als der kompetenteste Richter in dieser Sache, an eben dem Ort sagt: „Die physikalischen Schriften der Ausländer ha„ben sehr oft bei uns das Glück, das sie bei an„dern Nationen selten haben, nemlich von Män„nern übersetzt zu werden, die selbst bessere Ori„ginale hätten schreiben können„ Und wenn es gewiß ist, daß eben dieses auch von mathematischen Schriften gilt, so liegt darin für jeden, der die Uebersetzung einer ausländischen Schrift ins Deutsche übernimmt, entweder ein wohlmeinender Wink, die Feder niederzulegen, oder eine scharfe Anweisung zu den großen Pflichten, die man dabei zu erfüllen hat. Und eben darum

*) Hr. Hofr. Lichtenberg in der Vorrede zu Hrn. Erxlebens Naturlehre.

nach der Inhalt eines Dreiecks berechnet wird, ſo läßt ſich dennoch hier an der Richtigkeit des Reſultats zweifeln, wenn man auch gleich nach dieſer Vorſchrift vollkommen richtig gerechnet hat.

Das Reſultat kann nämlich nur unter der Vorausſetzung richtig ſein, daß die drei Seiten des Feldes grade Linien ſind; das Auge kann aber ſolches bei ſehr großen Längen nicht allemal genau unterſcheiden, und je mehr die Linien von der graden Richtung abweichen, deſto unrichtiger erſcheint das Reſultat der Rechnung, die an ſich auf feſten mathematiſchen Gründen beruht. Eben ſo beruht die Verſchiedenheit der Reſultaten von Berechnungen in der Hydraulik bloß auf der Verſchiedenheit der phyſiſchen Vorausſetzungen, und die mathematiſchen Berechnungen trifft dabei niemalen einiger Vorwurf der Ungewißheit. Darum ſagt auch einer unſrer größten Lehrer der Hydrodynamik: *) „die müh„ſamen Rechnungen, welche oft müſſen ange„ſtellt werden, ſind eben nicht, was ich hiebei „für das ſchwerſte halte. Mehr Mühe, und „manchmal Mißvergnügen, haben mir die phy„ſiſchen Sätze verurſacht, auf welche ich die „Rechnungen gründen mußte.„

In dieſen Vorausſetzungen nun weicht Hr. Bernhard von allen bisherigen Lehrern der Hydrodynamik ab, unter denen er den Namen eines Eulers nicht einmal nennt, vermuthlich um nicht

*) Hr. Hofr. Käſtner in der Vorrede zu ſeiner Hydrodynamik.

nicht in die groſse Verlegenheit zu gerathen, seiner Theorie zu gefallen eine Methode verwerfen zu müſſen, deren Gründe er nicht anzugreifen wuſste. Ganz Frankreich hat keine zween Männer unſerm Käſtner und Karſten, der in ſeinen Werken noch lebt, an die Seite zu ſetzen, und dennoch ſucht man hier grade da, wo ſie zuerſt genennt zu werden verdienten, ihre Namen umſonſt. Alſo hat die Hydrodynamik dieſen Männern ſo wenig als Eulern etwas zu verdanken? Er hat es hauptſächlich mit der Gulielminiſchen und Bernoulliſchen Theorie zu thun; er hält es aber nicht für nöthig, die Gründe dieſer Theorien anzugreifen, und das Fehlerhafte zu zeigen, worauf ſie gebaut haben, ſondern begnügt ſich damit, daſs er Folgerungen aus ihren Reſultaten herleitet, die, ſo wie er ſie vorträgt, nicht nur der Erfahrung zuwider, ſondern augenſcheinlich ungereimt ſind; dieſes trifft vorzüglich die Bernoulliſche Theorie. Wäre es gegründet, daſs die Bernoulliſche Theorie auf offenbare Ungereimtheiten führte, ſo müſste ſchon in ihren Gründen was Ungereimtes liegen, das nicht ſchwer zu entdecken ſein könnte: warum iſt aber Hr. Bernhard dieſen Gründen nicht nachgegangen, um das Fehlerhafte eines ſolchen Gewebes anſchaulich zu machen, da ihm hieran bei Empfehlung ſeiner neuen Theorie ſo viel gelegen ſein muſste? Zuverläſsig fand er den Grund zu feſt, um ihn erſchüttern zu können, und die Folgen, welche er aus den Bernoulliſchen Formeln herleitete, ſchienen ihm hinlänglich, die ganze Theorie

nach der Inhalt eines Dreiecks berechnet wird, so läßt sich dennoch hier an der Richtigkeit des Resultats zweifeln, wenn man auch gleich nach dieser Vorschrift vollkommen richtig gerechnet hat.

Das Resultat kann nämlich nur unter der Voraussetzung richtig sein, daß die drei Seiten des Feldes grade Linien sind; das Auge kann aber solches bei sehr großen Längen nicht allemal genau unterscheiden, und je mehr die Linien von der graden Richtung abweichen, desto unrichtiger erscheint das Resultat der Rechnung, die an sich auf festen mathematischen Gründen beruht. Eben so beruht die Verschiedenheit der Resultaten von Berechnungen in der Hydraulik bloß auf der Verschiedenheit der physischen Voraussetzungen, und die mathematischen Berechnungen trifft dabei niemalen einiger Vorwurf der Ungewißheit. Darum sagt auch einer unsrer größten Lehrer der Hydrodynamik: *) „die müh„samen Rechnungen, welche oft müssen ange„stellt werden, sind eben nicht, was ich hiebei „für das schwerste halte. Mehr Mühe, und „manchmal Mißvergnügen, haben mir die phy„sischen Sätze verursacht, auf welche ich die „Rechnungen gründen mußte.„

In diesen Voraussetzungen nun weicht Hr. Bernhard von allen bisherigen Lehrern der Hydrodynamik ab, unter denen er den Namen eines Eulers nicht einmal nennt, vermuthlich um nicht

*) Hr. Hofr. Kästner in der Vorrede zu seiner Hydrodynamik.

nicht in die groſse Verlegenheit zu gerathen, seiner Theorie zu gefallen eine Methode verwerfen zu müſſen, deren Gründe er nicht anzugreifen wuſste. Ganz Frankreich hat keine zween Männer unſerm Käſtner und Karſten, der in ſeinen Werken noch lebt, an die Seite zu ſetzen, und dennoch ſucht man hier grade da, wo ſie zuerſt genennt zu werden verdienten, ihre Namen umſonſt. Alſo hat die Hydrodynamik dieſen Männern ſo wenig als Eulern etwas zu verdanken? Er hat es hauptſächlich mit der Gulielminiſchen und Bernoulliſchen Theorie zu thun; er hält es aber nicht für nöthig, die Gründe dieſer Theorien anzugreifen, und das Fehlerhafte zu zeigen, worauf ſie gebaut haben, ſondern begnügt ſich damit, daſs er Folgerungen aus ihren Reſultaten herleitet, die, ſo wie er ſie vorträgt, nicht nur der Erfahrung zuwider, ſondern augenſcheinlich ungereimt ſind; dieſes trifft vorzüglich die Bernoulliſche Theorie. Wäre es gegründet, daſs die Bernoulliſche Theorie auf offenbare Ungereimtheiten führte, ſo müſste ſchon in ihren Gründen was Ungereimtes liegen, das nicht ſchwer zu entdecken ſein könnte: warum iſt aber Hr. Bernhard dieſen Gründen nicht nachgegangen, um das Fehlerhafte eines ſolchen Gewebes anſchaulich zu machen, da ihm hieran bei Empfehlung ſeiner neuen Theorie ſo viel gelegen ſein muſste? Zuverläſsig fand er den Grund zu feſt, um ihn erſchüttern zu können, und die Folgen, welche er aus den Bernoulliſchen Formeln herleitete, ſchienen ihm hinlänglich, die ganze Theorie

rie zu verwerfen. So wenig er hiermit die Pflicht eines Schriftstellers erfüllt hat, der das große Geschäft übernimmt, Bernoullis Theorie grade heraus zu verwerfen, und hierdurch zugleich alle die großen Männer, welche in ihren Schriften entweder eben diese Theorie vortragen, oder auf einem andern Weg doch zu eben denen Resultaten gelangen, einen Euler, Kästner, Karsten, d'Alembert u. a. eines offenbaren Irrthums zu beschuldigen, ohne zu zeigen, worin sie geirrt haben, so viel Recht hätte er dennoch, eine solche Theorie als falsch zu verwerfen, wenn sie wirklich ungereimte Folgerungen verstattete. Ich hielte es daher bei dieser Uebersetzung für meinen ersten Beruf, diesen Vorwurf zu prüfen, und ich glaube, daß es mir gelungen ist, durch die überall mit Sternchen bezeichneten Anmerkungen (die mit Zifern bezeichneten gehören dem Hrn. Bernhard selbsten zu) etwas zur Ehre eines Mannes beigetragen zu haben, den die Franzosen herabzusetzen noch nicht müde geworden sind. Hr. Bernhard hat, wie die Meisten, welche die Bernoullische Formeln buchstabiren gelernt haben, den wahren Sinn dieser Formeln wirklich nicht verstanden, und es war also kein Wunder, daß er ungereimte Sätze daraus folgern konnte, die in der Natur der Formeln gar nicht liegen. Ich leugne inzwischen nicht, daß Manches in der Bernoullischen Theorie, wovon aber der Hr. Verf. gar nicht redet, eine nähere Berichtigung nöthig hätte, auch daß die Resultate dieser Theorie nicht überall mit der Erfahrung übereinkommen.

men. Wenn man aber bedenkt, daß dabei das Waſſer als ein vollkommen flüßiger, alles Zuſammenhangs beraubter, und nach jeder Richtung ohne einige Hinderniß ganz frei fallender Körper angeſehen wird, bei deſſen Bewegung auch die einzelnen Waſſertheilchen ſich unter einander gar nicht hinderlich fallen ſollen, ſo iſt begreiflich, daß, ſo richtig auch die Theorie an ſich iſt, dennoch keine mit der Erfahrung übereinſtimmenden Reſultate daraus erwartet werden dürfen, ſo lange man nicht dieſe Hinderniſſe auf eine beſtimmte Art anzugeben im Stand iſt; ſo wie die Theorie von Berechnung der Wirkung einer Maſchine, ohne Rückſicht auf die Friction, vollkommen gegründet und richtig bleibt, nur mit der Einſchränkung, daß die berechnete Wirkung noch durch die Friction aller Theile vermindert werde. Eine ſolche Einſchränkung macht gewiß die Theorie nicht falſch, und berechtigt noch weniger, leichtere ohne alle mechaniſche Gründe erdachte Regeln, die den wahren Effekt näher treffen, für eine beſſere Theorie auszugeben. Wenn alſo gleich Beobachtungen mit den Reſultaten der Bernoulliſchen Theorie nicht nahe genug übereinſtimmen, und die Theorie des Hrn. Bernhards wirklich der Erfahrung näher kommt, ſo beweißt doch ſolches weder die Unrichtigkeit der Bernoulliſchen Theorie, noch die Richtigkeit der Bernhardiſchen. Hr. Bernhard glaubt, das Waſſer müſſe in dem Gefäß, aus dem es durch eine Oefnung im Boden ausfließt, grade ſo angeſehen werden, als wenn eben die Waſſermaſſe

auf

unſere deutſchen Lehrer der Hydrodynamik das Abweichende dieſer Theorie von der Erfahrung nicht kennen? Als ich vor mehrern Jahren in einem Schreiben an Hrn. Hofr. Käſtner den Gedanken äußerte, daß die Hydrodynamik noch immer in ihrer Kindheit liege, gab er mir, ungeachtet ſeiner großen Verdienſte um dieſen Theil der Mathematik, ſeinen völligen Beifall, und ſetzte hinzu, daß er eben darum den Anfang ſeiner Hydrodynamik nur mit Milchſpeiſen (bloßen Erfahrungsſätzen) gemacht, und mit der Theorie geendigt habe. Ich könnte eben ſolche Privatäußerungen von dem viel zu früh verſtorbenen Hrn. Hofr. Karſten anführen; aber Er hat ſich auch öffentlich hierüber erklärt. In ſeiner Preisſchrift von der vortheilhafteſten Anordnung der Feuerſprützen ſagt Er (Vorrede S. 9. u. 10.): „die Theorie von der Bewegung des Waſſers in „Röhren iſt ungleich weiter gebracht, als die „Theorie von der Bewegung des Waſſers in of„fenen Kanälen und Flüſſen, und bei der letztern „findet man größere Schwierigkeiten als bei der „erſtern zu überwinden .... ſo ſcheint es mir „noch nicht ſo weit zu ſein, daß wir die innerſten „Tiefen der Hydrotechnik ergründet hätten, oder „nur nach Anleitung deſſen, was verdiente Män„ner ſchon über die Hydraulik geſchrieben haben, „ſie allenfalls ergründen könnten.„ Alſo iſt für unſere größten Hydrodynamiker die Bemerkung, daß die Reſultaten der gewöhnlichen Theorie auf Flüſſe angewendet, noch zu ſehr von der Wahrheit abweichen, gewiß keine neue Entdeckung; ſie erkennen vielmehr die große Schwierigkeit, der

Wahr-

auch in jenen Fällen gelten zu laſſen. Sie paßt auch nicht einmal auf Gefäße von anderer Geſtalt, als der prismatiſchen oder zilindriſchen. Wie wollte Hr. Bernhard ſeine Methode z. B. auf Trichter anwenden, deren enge Oefnung unten zum Abfluß diente?

Endlich gibt es ſogar Fälle, wo auch bei prismatiſchen Gefäßen dieſe Methode offenbar falſch und unanwendbar iſt, und bei denen es augenſcheinlich wird, daß ſie nicht allgemein iſt, alſo auch nicht auf allgemeinen Bewegungsgeſetzen beruht. Doch dieſes erhellet überhaupt ſchon daraus, daß Hr. Bernhard bei einem beſtändig auslaufenden Gefäß die oberſte Schichte als ruhig anſieht, und auf die Geſchwindigkeit, mit der auch dieſe ſinken muß, gar keine Rückſicht nimmt. Nur wird die Folge aus dieſer widernatürlichen Vorausſetzung deſto merklicher, je größer die Oefnung in Anſehung des Bodens wird. Ich glaube daher, gewieſen zu haben, daß des Hrn. Verf. Theorie, genau geprüft, weder der Euleriſchen noch der Bernoulliſchen Abbruch thue, und ganz und gar nicht auf richtigen Grundſätzen beruhe. Er hätte alſo auch gegen Gulielmini und Andere ſeiner Vorgänger und Zeitgenoſſen in Beurtheilung ihrer Lehren etwas billiger und gelinder ſein ſollen. Es iſt wahr, daß die Gulielminiſche Theorie bei Waſſer, das in Kanälen und Flüſſen abgeführt wird, ſehr falſche Reſultaten gibt, und eben ſo wahr, daß gleichwohl unſere beſten Mathematiker in ihren Schriften noch bei dieſer Theorie bleiben. Aber wird man darum glauben, daß

un-

unbehrlich gemacht worden ſind; doch aber machen auch dieſe Schriften, die von unſerm Hrn. Verf., in keinem Betracht überflüßig. Sie haben alle ihren ganz eigenen Werth, und jede unterſcheidet ſich von der andern durch eigene Vorzüge. Ich glaube alſo, in dieſer Ueberſetzung dem deutſchen Publikum eine Schrift vorgelegt zu haben, die in verſchiedenem Betracht unter uns bekannt zu werden verdient, und da ich ſie nicht bloß überſetzt, ſondern auch geprüft und überall zu berichtigen geſucht habe, ſo glaube ich den Pflichten eines Ueberſetzers nach Kräften nachgekommen zu ſein. Jetzt bin ich noch mit der Ueberſetzung der treflichen Hydrodynamik des Hrn. Boſſüt beſchäftigt, die mit nächſtem in zween Bänden nachfolgen wird.

Gerabronn bei Mergenthal, den 7. April 1790.

K. Chr. Langsdorf.

Deich- Siel- und Schlengenbau. Brahms, Anfangsgründe der Deich- und Waſſerbaukunſt. von Cancrin, verſchiedene Methoden, die Moräſte und Sümpfe auszutrocknen. Deſſelben Abhandlung von der Vereinigung der Seen und der Flüſſe. Deſſelben Abhandlung von dem Bau der Wehre u. a. m.

Wahrheit durch theoretiſche Schlüſſe näher zu kommen, und laſſen es nur darum bei der alten Theorie bewenden, weil es noch an Mitteln fehlt, die Abweichungen in Rechnung zu bringen. Hr. Bernhard, trunken von der Zuverſicht, die er in ſeine Erfindung ſetzt, ſetzt ſich deswegen über alle ſeine Vorgänger hinweg, und zeigt, daß ſeine Methode auch in der Anwendung auf Flüſſe der Erfahrung bei weitem näher komme. Die Sache hat an ſich ihre Richtigkeit, aber nicht ſeine beſſere Methode, ſondern der Fehler, der bei ihr zum Grund liegt, bringt die Reſultate der Ausübung näher. Urtheilen hierüber andere Mathematikverſtändige eben ſo, ſo wird Hrn. Bernhards neue Theorie, die er im zweiten Kapitel vorträgt, in Deutſchland wenige Anhänger finden; inzwiſchen hat ſie doch zur nähern Prüfung und hellern Aufklärung der Bernoulliſchen Theorie und überhaupt zum weitern Nachdenken Anlaß gegeben, und da dieſes Kapitel außerdem ſehr viele Beobachtungen enthält, ſo behält es dennoch ſeinen Werth, und die Wiſſenſchaft hat dadurch ohnſtreitig gewonnen. Bei weitem größer iſt, nach meiner Einſicht, der Werth des dritten Kapitels, worin der Hr. Verf. überall die treflichſten Proben ſeiner guten phyſikaliſchen Kenntniſſe und Erfahrung ablegt. Ich bin zwar nicht der Meinung, daß dadurch ſo viele trefliche Schriften, die wir theils über das Ganze, theils über einzelne Abſchnitte dieſes Kapitels aufzuweiſen haben, *) ent-

*) Z. B. Silberſchlag, ausführlichere Abhandlung der Hydrotechnik. Hunrichs, praktiſche Anleitung zum

unbehrlich gemacht worden ſind; doch aber machen auch dieſe Schriften, die von unſerm Hrn. Verf., in keinem Betracht überflüßig. Sie haben alle ihren ganz eigenen Werth, und jede unterſcheidet ſich von der andern durch eigene Vorzüge. Ich glaube alſo, in dieſer Ueberſetzung dem deutſchen Publikum eine Schrift vorgelegt zu haben, die in verſchiedenem Betracht unter uns bekannt zu werden verdient, und da ich ſie nicht bloß überſetzt, ſondern auch geprüft und überall zu berichtigen geſucht habe, ſo glaube ich den Pflichten eines Ueberſetzers nach Kräften nachgekommen zu ſein. Jetzt bin ich noch mit der Ueberſetzung der treflichen Hydrodynamik des Hrn. Boſſüt beſchäftigt, die mit nächſtem in zween Bänden nachfolgen wird.

Gerabronn bei Mergenthal, den 7. April 1790.

K. Chr. Langsdorf.

Deich- Siel- und Schlengenbau. Brahms, Anfangsgründe der Deich- und Waſſerbaukunſt. von Cancrin, verſchiedene Methoden, die Moräſte und Sümpfe auszutrocknen. Deſſelben Abhandlung von der Vereinigung der Seen und der Flüſſe. Deſſelben Abhandlung von dem Bau der Wehre u. a. m.

Wissenschaft völlig meinen Wünschen gemäß zu erweitern, so hoffe ich doch, daß solche zum wenigsten dienen könne, denen Bemühungen der Gelehrten eine bessere Richtung zu geben, die, welche sich mit Beobachtungen abgeben, aufzumuntern und sie durch mein Beispiel zu überzeugen, daß man auch bei ganz mittelmäßigen Fähigkeiten etwas zur Vervollkommnung der natürlichen Philosophie beitragen, und auf die Ausgleitungen jener Männer von großen Geistesgaben merken könne.

Die Alten kannten die Gesetze der Hydrostatik; sie erhielten die Flüsse in ihren Betten; sie erbauten Brücken über die Ströhme, wo solche am reißendsten waren; Ströhmen, die für die Schiffahrt zu schnell waren, verschafften sie einen krummen fortschleichenden Lauf; sie hoben Kanäle aus, um sie zu vereinigen; sie leiteten überflüßige Wasser daraus ab, um die Felder zu verbessern und die Städte zu verschönern; mit einem Wort, wenn man einige besondere Erfindungen ausnimmt, wie die Schleusen ꝛc. ꝛc. so kann man ihnen die Ehre nicht streitig machen, daß sie die beträchtlichsten und schwierigsten Werke, welche von Menschen in Ansehung der Bewegung der Wasser unternommen worden sind, glücklich ausgeführt haben. So viel ist indessen ausgemacht, daß sie von allen Dingen nur praktische Kenntnisse hatten, und daß ihre Theorie sehr eingeschränkt war. Sie nahm erst ihren Anfang, als Galiläus die Gesetze des Falls schwerer Körper entdeckte. Dieser große Mann

wendete ſolche auf die Bewegung der Waſſer in den Flußbetten an. Weil dieſer flüßige Körper eine vorzügliche Bewegbarkeit hat, ſo glaubte er, ihn ganz abſtract und ſo betrachten zu können, als ob er nur ſehr wenig Anlaß zu Abweichungen von den Reſultaten finden könne, welche die mathematiſchen Grundſätze verſprachen.

Man ſchlug vor, den Lauf des Fluſſes Biſentio zu verkürzen und die Büge ſeines Betts wegzuſchaffen, damit ſeine Ueberſchwemmungen ſeltener und ſeine Verwüſtungen unbedeutender werden ſollten. Galiläus widerſetzte ſich dieſem Vorſchlag, und behauptete, I) daß in zween Kanälen von gleichem Gefälle das Waſſer gleiche Geſchwindigkeit habe, die Länge der Kanäle möchte wie man wolle verſchieden ſein; II) daß es bei der Bewegung der Waſſer nicht auf den Abhang des Bodens, ſondern auf den der Oberfläche ankomme; III) daß die Beſchleunigung des Strohms bei Fluthzeiten nicht von der Verſtärkung des Gefälles herrühre, und daß ſolche der Menge und dem Druck derer ſich anhäufenden Waſſer beigemeſſen werden müſſe; IV) daß die Büge der Flüſſe, wann ſie keine ſtumpfe oder rechte Winkel machen, nur eine unmerkliche oder gar keine Verzögerung in der Bewegung der Waſſer verurſachen; daß das Waſſer durch das Zurückſtauen ſeine Geſchwindigkeit verliehre, weil die Höhe, zu der es hierdurch gebracht wird, ſeinen untern Abfall deſto beträchtlicher mache; VI) daß die Linie des kürzten Falls nicht die grade

ſei;

ſei; VII) daß das Waſſer, wenn es aus einem Kanal in einen andern trete, der ein ſchwächeres Gefälle habe, nichts von ſeiner ſchon erlangten Geſchwindigkeit verliehre.

Ich halte es für nöthig, mich einen Augenblick aufzuhalten, um zu zeigen, wie Galiläus eine bloß erdichtete Urſache in die Theorie von der Bewegung der Waſſer eingeführt hat.

Nachdem dieſer Schriftſteller die Geſetze der Geſchwindigkeiten für Körper, die ſich auf ſchiefen Flächen von verſchiedenen Längen aber gleichen Höhen bewegen, beſtimmt hat, ſo unterſucht er die Geſchwindigkeit, welche dieſe Körper annehmen, wenn ſie über ſchiefe Flächen von gleichen Längen aber ungleichen Höhen herabfallen, und wendet hiernächſt ſeine Grundſätze auf den Arnofluß an. Er ſagt, es erhebe ſich der Arno bei Fluthzeiten zu Florenz auf 8 bis 10 Faden hoch, und die Entfernung von Florenz bis zur Mündung betrage 60 Meilen. Er bemerkt, daß die Waſſer bei niedrigem Stand 50 Stunden brauchen, um jenen Weg zurückzulegen. Er berechnet hierauf, wie die Geſchwindigkeit vergrößert werden würde, wenn man dabei den ſtärkſten Abhang der Oberfläche bei Fluthzeiten zum Grund legte, und er findet, daß die Waſſer alsdann noch 48 Stunden brauchten, um bis ins Meer zu gelangen; aber er ſagt, daß, Beobachtungen zufolge, die Waſſer bei Fluthzeiten in weniger als 8 Stunden ſich ins Meer ergießen. Man muß alſo nach dem Galiläus

dieſes Uebermaaß von Geſchwindigkeit einer andern Urſache als der Vergrößerung des Abhangs zuſchreiben, und er nimmt keinen Anſtand, den Druck anzugeben, welchen, um dieſe Wirkung hervorzubringen, die untern Waſſer von den obern, deren Maſſe beträchtlich angewachſen iſt, und die jene mit der größten Gewalt forttreiben, auszuhalten haben.

Ein Ingenieur, Namens Bartolotti, der über die Nothwendigkeit geſchrieben hatte, dem Biſentio eine grade Richtung zu geben, wußte das Falſche, das in der Galiläiſchen Theorie lag, nicht anzugeben, und eben ſo wenig die Abweichungen von den Geſetzen der Bewegung, wann die Waſſer Hinderniſſe in ihrem Lauf antreffen, ihre verſchiedenen Richtungen und die Reibung, welche ſie leiden. Ueberdas war dieſe Leitung nach grader Linie ſchon vorgenommen worden, und der Fluß hatte von ſelbſten ſeinen vorigen gekrümmten Lauf wieder angenommen. Die Haupturſachen waren damals im Schwange. Dieſe irreguläre Richtung ſchien anzuzeigen, daß ſie für die Natur die angemeſſenſte war. Eine Theorie, die nicht beſtritten wurde und die in allen Punkten gleich lichtvoll ſchien, verſicherte, daß die Verkürzung des Biſentio für die Geſchwindigkeit der Waſſer keinen Vortheil brächte. Es wurde beſchloſſen, gar keine Aenderung vorzunehmen, und Galiläus hatte damalen das Unglück, mit ſeiner Meinung zum Nachtheil der Wahrheit durchzudringen.

Es

Es war übrigens die Unwiſſenheit derer Ingenieurs, welchen damals die Aufſicht über die Waſſer übertragen war, ſo groß, daß ſie bei Beſtimmung der Waſſermenge, welche durch das Flußbett abgeführt würde, gar keine Rückſicht auf die Geſchwindigkeit nahmen. Man betrachtete den Satz des Caſtelli, daß in einem Fluß, der überall gleiche Waſſermenge abführt, die Geſchwindigkeit der Waſſer ſich in jedem Querſchnitt umgekehrt wie die Größe des abfließenden Waſſer-Querſchnitts verhalte, für eine neue Entdeckung. Dieſer Schriftſteller lehrte noch einige andere Sätze, die ganz gemein geworden ſind. Dieſes darf aber unſere Achtung gegen ſeine Verdienſte nicht ſchwächen. Die Wahrheit iſt immer einfach; da es aber nur einen einzigen Weg gibt, der zu ihr führt, ſo ſind immer große Geiſtesgaben nöthig, um ſich einen neuen Weg zu bahnen, ohne ſich dabei zu verirren. Uebrigens irrt ſich Caſtelli bei Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Waſſers, das aus kleinen Oefnungen fließt. Er fand ſie zu groß, indem er annahm, ſie ſei der Waſſerhöhe proportional. Er erkannte den Vortheil, der für den Abfluß des Waſſers aus der Wegräumung derer im Weg liegenden Hinderniſſe erwächſt; aber bei der Lehre vom Effekt der Waſſerſtemmungen irrte er ſich, indem er die Geſchwindigkeit der Waſſer bei der Mündung der Flüſſe dem Druck der obern Waſſer zuſchreibt, und die Höhe beſtimmt, welche in gewiſſer Entfernung von der Mündung ſtatt finden müßte, wenn die Oberfläche der

Wasser bei der Mündung nur um etwas weniges erhoben würde. Auch schrieb er vieles von Verbesserung der Luft um Venedig, und von den Mitteln, das Meer von dieser Stadt zu entfernen. Die sich in der Luft verbreitenden schädlichen Dünste wurden durch die Ueberschwemmungen der Flüsse erzeugt, die in dieser Gegend ihre Mündungen hatten, und die Verwandlung des Meeres in festes Land war eine Folge von den Anhägerungen, welche eben diese Flüsse bewirkten. Castelli setzte voraus, diese Anhägerungen würden durch die Gewalt der ströhmenden Wasser verursacht, und sahe daher die Flußwasser als das wirksamste Mittel an, um den schlimmen Erfolgen solcher ströhmenden Wasser Einhalt zu thun. Er rieth nicht nur, die Flüsse, welche noch in der Gegend von Venedig flossen, nicht weiter von dieser Stadt zu entfernen, sondern er verlangte sogar, daß man die schon davon entfernt gewordenen wieder näher beiführen und in ihr altes Bett zurückbringen sollte. Glücklicherweise gab es in Italien noch andere Gelehrte, die man zu Rath ziehen konnte. Montanari und Gulielmini hatten eine andere Meinung, welche befolgt wurde. Alle Flüsse wurden weiter von der Stadt weggeleitet; die Luft wurde nun reiner, und das Meer hörte auf, von der Stadt zu weichen.

Torricelli entdeckte das Gesetz der Geschwindigkeit für Wasser, das aus Behältnissen durch eine enge Oefnung ausfließt; aber er spührte solches nur durch Versuche aus, ohne einen Beweis

weis davon anzugeben. Inzwiſchen hatte Galiläus die Geſetze des Falls ſchwerer Körper mit allen denen Abänderungen, welche bei der Schwere ſtatt finden konnten, bekannt gemacht. Dieſe Regeln, mit einem ſchon damals bekannten hydroſtatiſchen Grundſatz verbunden, waren hinlänglich, die Geſchwindigkeit des Waſſers aus der Verhältniß der Oefnung zum Boden zu beſtimmen. Das Torricelliſche Geſetz war nicht in aller Schärfe richtig, wie man in der Folge ſehen wird, einen beſondern Fall ausgenommen, der nicht einmal ſtatt finden konnte. Man fand ſeine Abweichung von der Wahrheit deſto merklicher, je größer die Oefnungen waren, auf die man die Anwendung machte; gleichwohl wendete man es in allen Fällen an.

Die Achtung, die Viviani für den Galiläus hatte, hielte ihn nicht ab, die Vorſtellungen ſeines Lehrers von den Bügen der Strohmbetten und deren Erfolgen zu verwerfen. Er billigte die Leitung des Biſentio nach grader Richtung. Er theilte über die Bewegung der Waſſer in den Flüſſen verſchiedene nützliche Unterſuchungen mit, aber in Anſehung ihrer Wirkung auf den Grund irrte er. 1)

Die

*) In der an den Großherzog Cosme III. gerichteten Abhandlung über die Erhöhung der Flußbetten und die Veränderungen, denen ihre Ufer unterworfen ſind, druckt er ſich ſo aus: „Man ſetze, daß ſich an denen „Orten, wo man Dämme errichtet, gar kein Stein „befinde, der mit denen, woraus der Damm erbaut

wird,

Die Bewegung der Waſſer in den Flüſſen blieb, ohngeachtet der Bemühungen vieler groſſer Männer, immer in Nebel verhüllt. Keiner von ihnen machte Entdeckungen, ohne zugleich in beträchtliche Irrthümer zu gerathen. Der philoſophiſche Geiſt wachte zu der Zeit kaum auf. Man brach nur eben durch den Nebel der peripathetiſchen Lehren durch, und nahm ſchon die erſten Verſuche menſchlichen Scharfſinns für die Grenzlinie ſeiner ganzen Kraft an. Daher ſind auch alle die phyſiſchen Werke, welche damals erſchienen, wenn man die wenigen, welche ſich nur auf Beobachtungen einſchränkten, ausnimmt,

„wird, gleiches Gewicht habe; da die Waſſer bei „Fluthzeiten nicht Kraft genug gehabt haben, die groſſen Grundſteine, welche ſie in den höhern Gegenden „und näher gegen den Urſprung der Flüſſe hin mit ſich „führten, bis dahin zu bringen, ſo kann man auf die „Dauer der Dämme rechnen, weil die Waſſer keine „Steine in Bewegung ſetzen und weiter fortführen können, die beträchtlicher ſind als die, welche ſich im „Flußbett befinden. .... Und anderswo: „da die „Steine, welche man in die Flußbette wirft, um ihre „Ufer zu ſchützen, nichts weniger als abgerundet ſind, „ſondern gewöhnlich eine mehr kubiſche Geſtalt haben; „und da ſie ein weit gröſſeres Gewicht als die Kieſel „haben, welche der ſtärkſte Stoß des Strohms bis „dahin geflößt hat, ſo kann man die Werke, welche „aus den groſſen Steinen erbaut werden, nicht nur „für ſtark genug halten, um dem reißenden Strohm „Widerſtand zu leiſten, ſondern auch für ſtark genug, „ihn in ſeinen Schranken zu halten, ihm einen Lauf „vorzuſchreiben und ihn zu entfernen.

nimmt, ihres damaligen Anſehens ungeachtet, von dem folgenden Jahrhundert wenig geachtet worden. Unter dieſen widrigen Umſtänden verfertigte Gulielmini ſein großes Werk über die Natur der Flüſſe. Es wurde bei ſeiner Erſcheinung bewundert; 2) man nahm die darinnen vorgetragenen Lehren allgemein an. Der unbegrenzte Beifall, womit dieſes Werk aufgenommen wurde, hat ſich bis auf unſere Zeiten erhalten; unſere angeſehenſten Schriftſteller 3) haben

2) Dieſes originelle Werk in ſeiner Art machte großes Aufſehen. Fontenelle in der Lobrede auf Gulielmini, Hiſtoire de l'Academie des Sciences, année 1710.

3) Hr. d'Alembert im Artikel *Fleuve* im Dictionnaire encyclopedique. Hr. Abt Boſſut S. 11. ſeiner Hydrodynamique erklärt das Werk von der Natur der Flüſſe in Anſehung des phyſiſchen und praktiſchen Theils für vortreflich. Und Hr. v. Montucla ſagt in ſeiner Hiſtoire des Mathematiques tom. II. pag. 476.: „Hr. Dominique Gulielmini hat ſich durch Arbeiten von anderer Art berühmt gemacht. Die auſſerordentliche Wichtigkeit der Waſſerleitungen und Führung der Flüſſe in Italien wandte ſeine ganze Aufmerkſamkeit auf dieſen Gegenſtand, und ſeine darüber angeſtellten Betrachtungen haben zu zweien Werken Anlaß gegeben, die mit Recht als das Hauptwerk über dieſen Gegenſtand angeſehen werden. Das Eine iſt ſeine Schrift de Aquarum Fluentium Menſura, worin er alles, was auf den Abfluß der Waſſer Bezug hat, gründlich behandelt. Die Geſchicklichkeit, wovon er in dieſem Werk einen Beweis ablegt, verſchaffte ihm in ſeinem Vaterland außer der Ehre, viele wichtige Aufträge zu erhalten, eine ſchmei-

chel-

ben ihm das gröſste Lob widerfahren laſſen; und die einige Irrthümer darin entdeckt haben, haben doch den Verfaſſer als den gröſsten Lehrer in dieſem Fache anerkannt.

Man darf ſich nicht wundern, daſs Gulielmini ſein Anſehen ſo lange behauptet hat. Ausgerüſtet mit den treflichſten Naturgaben fehlten ihm nur die richtigen Grundſätze von denen Lehren, welche er vortrug, er dachte darüber nach dem Beiſpiel ſeiner Zeitgenoſſen, und entging ſo wenig wie dieſe dem Einfluſs ſeines Jahrhunderts. Newton war es vorbehalten, uns den richtigen Weg zu zeigen, der zur Kenntniſs der Natur führt.

Gulielmini kannte alle die Erſcheinungen, welche bei den Flüſſen vorfallen. Man kann aber

„chelhafte Auszeichnung. Bologna errichtete ihm zum „Beſten einen neuen Lehrſtuhl für die Hydrometrie. „Dieſes war für ihn eine neue Verpflichtung zur Fort„ſetzung ſeiner Unterſuchungen in dieſem Fache, und „im J. 1697. machte er den erſten Theil ſeines be„rühmten Buchs della natura de Fiumi bekannt, „wovon der zweete 1712. nach ſeinem Tode erſchiene. „Dieſes Werk übertrifft das erſtere noch an Origina„lität, und iſt mit einer Menge neuer Unterſuchungen „angefüllt, die eben ſo ſcharfſinnig als nützlich ſind. „Es iſt würdig, von allen denen geleſen zu werden, „welche entweder nur zu ihrem Vergnügen oder durch „ihre Berufsgeſchäfte verpflichtet, dieſen Theil der Hy„draulik bearbeiten. Wir werden dieſes Lob durch „eine kurze Inhaltserzählung aus dieſen wichtigen Un„terſuchungen in dem folgenden Theil dieſer Geſchichte „zu rechtfertigen ſuchen.„

aber auf ſein gröſſes Werk anwenden, was Hr. von Fontenelle in ſeiner Lobrede bei Gelegenheit einer ſeiner andern Schriften geſagt hat: „es iſt „nicht genug, eine Wahrheit zu erhaſchen; man „muß auch, wenn man mehreres daraus herlei„ten will, den richtigen Grund von ihr finden; „denn die falſche Urſache einer Wahrheit leitet „von ihr wieder auf Irrthümer zurück, deren „natürliche Quelle ſie iſt.„

Die Vorrede des Gulielminiſchen Werks ſagt vieles von der Nothwendigkeit, die geometriſche Gewißheit in die Phyſik zu bringen, und von der oft unüberſteiglichen Schwierigkeit, einfache geometriſche Begriffe in das ſo verwickelte Gewebe der Phyſik überzutragen.

Das erſte Kapitel handelt von der Natur der flüßigen Maſſen, ihrer gegenſeitigen Wirkung und ihrer Geſchwindigkeit. Der Verfaſſer nimmt an, ihre Elementen ſeien Kugeln. Er ſagt, wenn ſie aus einem beſtändig voll erhaltenen Gefäß ausflieſſen, ſo ſei ihre Geſchwindigkeit derjenigen gleich, welche ein ſchwerer Körper durch den Fall von der Höhe des Gefäßes erlangt, und zwar ohne auf die Verhältniß Rückſicht zu nehmen, die zwiſchen der Gröſſe der Oefnung und der Gröſſe des Bodens ſtatt finden kann.

Im zweiten Kapitel redet Gulielmini von dem Urſprung der Quellen. Er gibt zu, daß das in den Flußbetten ſtröhmende Waſſer entweder von Quellen, oder von Regen, oder von zerſchmol-

ſchmolzenem Schnee herkomme: aber er glaubt, nach dem Des-cartes, daß die Quellen von dem Meereswaſſer unterhalten werden, indem ſolches in Dünſte aufgelößt, durch die Felſen und Erdlagen, woraus die Gebirge beſtehen, in die Höhe ſteige.

Das dritte Kapitel enthält nur Erklärungen.

Das vierte Kapitel handelt von der Bewegung ſtröhmender Waſſer und den Hauptgeſetzen dieſer Bewegung. Hier erläutert Gulielmini die phyſiſchen Grundſätze, wovon er in der Folge Gebrauch macht. Er redet von der Bewegung der Körper auf ſchiefen Ebenen; er entwickelt die Galiläiſche Theorie; er bemerkt, daß das Waſſer, da es aus kleinen feſten Theilchen zuſammengeſetzt ſei, ſich nach eben denen Geſetzen richte, wie feſte Körper, und daß ihm ſogar die beſondere Bewegbarkeit ſeiner Theile vor letztern noch einen Vorzug gebe: es verrathe nämlich für den allergeringſten Abhang eine vorzügliche Empfindlichkeit, und folge dabei den Geſetzen der Schwere. Am Ende faßt er alles, was er geſagt hat, auf folgende Art kurz zuſammen:

1) „Die Geſchwindigkeit der Waſſer in den „Flüſſen wird von zwo Urſachen bewirkt; die ei„ne iſt das Gefälle des Betts, und die andere „die lebendige Höhe *) des Waſſerkörpers, oder „beſ-

*) Ich habe, Umſchreibungen auszuweichen, das Beiwort: lebendige (vive) ungeändert beibehalten. Es wird damit derjenige Theil der Waſſerhöhe angedeutet, der

„beſſer zu reden, die eine iſt die Beſchleunigung „der Bewegung des Waſſers, welche durch das „Gefälle des Betts verurſacht wird, und die an„dere iſt die der lebendigen Höhe des Querſchnitts „zugehörige Geſchwindigkeit.„

Wir werden zeigen, daß die lebendige Höhe des Waſſers in einem Fluß, deſſen Strohm in jedem Querſchnitt gleiche Waſſermenge abführt, einen nur unmerklichen Einfluß auf ſeine Bewegung hat, und daß dieſe durch den Gulielmini eingeführte oder aufgenommene Urſache der Bewegung eine bloße Erdichtung iſt.

II) „Dieſe zwo Urſachen wirken nicht beide „zugleich, ſondern nur nach dem Ueberſchuß der „einen über die andere, ſo daß, wenn die vom „Gefälle herrührende Beſchleunigung eine ſtärke„re Wirkung hat, als die lebendige Höhe des „Querſchnitts, ſolcher die Geſchwindigkeit bei„gemeſſen werden muß.„

Wenn die vom Gulielmini aufgenommene Urſache gegründet wäre, ſo müßte ſie allemal wirkſam ſein, und die durch das Gefälle bewirkte Geſchwindigkeit müßte nothwendig durch die, welche die lebendige Höhe des Waſſers hervorbringen könnte, vergrößert werden; denn die Ge-

der auf die Beſchleunigung des Abfluſſes wirken kann. Wenn nämlich das Bett Vertiefungen oder einzelne Aushöhlungen hätte, ſo gehörte die Tiefe einer ſolchen Aushöhlung, worin das Waſſer gleichſam todt iſt, nicht mit zur lebendigen Höhe des Waſſers im Flußbett.

Geſchwindigkeit der Flüſſe mag ſein wie ſie will, ſo weicht ihre Oberfläche, wenn ſie frei und ohne entgegenliegende Hinderniſſe fortfließen, nicht merklich von der horizontalen Lage ab, und der Druck hat dabei allemal eben ſo ſtatt, als wenn die Waſſer ruhig ſtänden.

III) „Dieſe Urſachen können in einerlei „Querſchnitt beide zugleich wirken, aber nicht „auf einen und eben denſelben Theil des Waſ„ſers, ſo daß ein Theil ſeine Geſchwindigkeit von „dem Gefälle des Betts und der andere von der „lebendigen Höhe des Waſſers erhalten kann.„

Man kann nicht ſagen, daß in einerlei Querſchnitt Waſſertheilchen ihre Bewegung vom Gefälle haben können, ohne zugleich den Einfluß des Drucks zu empfinden, weil dieſer Druck immerfort vorhanden iſt.

IV) „Bei den Flüſſen, die ein geringes Ge„fälle haben, rührt die Geſchwindigkeit haupt„ſächlich von der lebendigen Höhe des Waſſers „her; und bei denen, deren Bett ſehr ſtark ab„hängt, wird die Geſchwindigkeit vorzüglich „durch die Beſchleunigung bewirkt; und unter „gewiſſen Umſtänden trägt die lebendige Höhe „des Waſſers gar nichts dazu bei.„

Es iſt falſch, daß bei Flüſſen, die ein ſchwaches Gefälle haben, die Geſchwindigkeit vorzüglich der lebendigen Höhe des Waſſers beigemeſſen werden müſſe: es würde daraus folgen, daß in ſolchen Gegenden des Betts, wo das Gefälle unmerklich iſt, die Geſchwindigkeit die nämliche

ſein

ſein müßte, wenn die lebendige Höhe die nämliche iſt.

Gulielmini leitet aus ſeinem erdichteten Grundſatz ein Mittel her, bei einem Fluß zu unterſcheiden, ob die Bewegung durch die Höhe der lebendigen Waſſer, oder durch die erlangte Geſchwindigkeit hervorgebracht wird. „Man „kann, ſagt er, erkennen, ob das Waſſer in ei„nem faſt horizontalen Fluß vermöge der durch „den Fall erlangten Geſchwindigkeit, oder ver„möge des von der Höhe des Waſſers herrüh„renden Drucks fortfließt. Man darf nur ſei„nem Lauf einen Widerſtand ſenkrecht entgegen„ſetzen: wenn das Waſſer an dieſem Widerſtand „ſchnell in die Höhe ſteigt, ſo ſtröhmte es ver„möge ſeines Falls; erhebt es ſich erſt einige „Zeit hernach, ſo geſchahe es durch den Druck.„ Aber dieſe Regel iſt unrichtig; zum Steigen des Waſſers wird nichts weiter erfodert, als daß das Waſſer eine gewiſſe Geſchwindigkeit habe; dabei iſt es gleichgültig, von welcher Urſache dieſe Geſchwindigkeit herrührt.

Gulielmini leitet auch aus ſeinem eingebildeten Grundſatz ein Mittel, die Waſſermenge zu beſtimmen, welche ein Fluß bei ſeiner Mündung abführt, da hier, nach ſeiner Vorſtellung, die Geſchwindigkeit nur von der lebendigen Höhe des Waſſers herrühren kann.

„Wenn man über die Geſchwindigkeit des „Waſſers eine richtige Erfahrung zum Grund „legt, und wenn man z. B. weiß, daß Waſſer,

„welches von der Höhe eines Bologneſer Fußes „herabgefallen iſt, 1) in einer Minute 216 Fuß „5 Zoll mit gleichförmiger Bewegung durchlauft, „ſo hat man ſeine Geſchwindigkeit für jeden mög„lichen Fall (chute). Gulielmini hat hierüber „eine Tafel berechnet, die er nicht weiter als bis „auf die Höhe von 30 Fuß fortgeſetzt hat, weil „die größten Flüſſe in Europa keine größere Tie„fe haben.„

„Wenn man die Waſſermenge beſtimmen „will, welche in einer Minute durch einen ho„rizontalen Kanal abfließt, ſo muß man, da „man weiß, daß ſeine mittlere Geſchwindigkeit „zu ⅔ ſeiner Höhe gehört, die ⅔ in Fußen und „Zollen haben; hierauf nimmt man aus der Ta„fel die Geſchwindigkeit, welche dem Fall oder „dem Druck von dieſer Höhe zugehört: ſo hat „man die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers,

„und

1) Da Gulielmini nicht auf die Zuſammenziehung des Strahls geachtet hat, wann das Waſſer durch eine kleine Oefnung im Boden des beſtändig vollen Gefäßes ausliefe, und dieſe Theorie auf Fälle anwendete, wo das Waſſer durch die vertikalen Querſchnitte der Flußbette hinſtröhmte, ſo findet er in dem angeführten Beiſpiel einr geringere Geſchwindigkeit, als wenn die zum Grund gelegte Erfahrung, worauf er die am Ende ſeines Buchs de aquarum fluentium menſura mitgetheilte Tafel gegründet hat, genauer geweſen wäre. In der Architecture hydraulique des Hrn. Belidor findet man eine ganz nach den Grundſätzen dieſes Gelehrten berechnete Tafel.

„und dieſe mit der Höhe und Breite des Kanals „multiplicirt, gibt die geſuchte Waſſermenge.„

Durch dieſes Verfahren findet Gulielmini, daß die Donau, bei ihrer Mündung horizontal angenommen, welches von den großen Flüſſen faſt allemal, wenigſtens ohne merkliche Abweichung von der Wahrheit, geſagt werden kann, in jeder Minute gegen 42 Millionen Bologneſer Kubikfuß Waſſer in den Pontus Euxinus ausſchüttet. Dieſe Theorie leitet auf Reſultate, die man unmöglich annehmen kann. Wenn man nämlich annähme, daß bei der Mündung der Flüſſe die erlangte Geſchwindigkeit aufgehoben würde, und daß ihre Oberfläche horizontal wäre, ſo könnten die Waſſer ſchlechterdings nicht ins Meer fallen. Es gibt ſehr kleine Flüſſe, welche bei ihrer Mündung eine beträchtliche Tiefe haben; und hinwiederum gibt es ſehr mächtige, die an gedachter Stelle eine ſehr geringe Tiefe haben. Wenn man ſich der Methode des Gulielmini bediente, ſo würde man finden, daß die erſtern dem Meer weit mehr Waſſer zuführen müßten, als ſie ſelbſten haben, und daß die letztern weniger ausſchütten müßten, als ſie aufnehmen.

V) „Die Geſchwindigkeit des Waſſers in „der Oberfläche rührt nicht allemal von dem Ge„fälle her, und bei den horizontalen Kanälen von „der anklebenden Kraft der Waſſertheilchen un„ter einander.„

Dieſe Regel iſt falſch, weil ſie eine Folge des erdichteten Grundſatzes iſt. *)

VI) „Um die fortſtröhmenden Waſſer zu „beſtimmen, muß man vermittelſt des Regula„tors alles in die Umſtände bringen, daß die Ge„ſchwindigkeit des Querſchnitts allein von der „Waſſerhöhe abhängt.„

Wir werden zeigen, daß dieſes Werkzeug in erſtaunende Fehler verleiten kann.

VII) „Es läßt ſich aus der vorigen Regel „ſchließen, daß die Flüſſe, welche kein merkli„ches Gefälle haben, bei gleicher Breite eine de„ſto größere Geſchwindigkeit haben, je größer „der ſich in ihnen fortbewegende Waſſerkörper „iſt, oder auch je größer ihre lebendige Höhe iſt.„

Da bewieſen iſt, daß die lebendige Waſſerhöhe, wofern das Bett ohnunterbrochen fortgeht, gar keinen Einfluß auf die Geſchwindigkeit hat, ſo läßt ſich nur ſagen, daß eine größere Waſſermaſſe ihre Geſchwindigkeit beſſer unterhalte. Sonſt iſt es aber was ſehr Gemeines, daß von zween Flüſſen, welche über ein horizontales Bett fließen, derjenige, deſſen lebendige Waſſer eine geringere Höhe haben, ſchneller fortſtröhmt als der andere.

Ich

*) Wenn dieſe Regel auch mit einem falſchen Grundſatz beſtehen kann, ſo folgt daraus allein doch nicht, daß ſie gleichfalls falſch ſein müſſe. Man muß ſie nur richtig erklären, um Wahrheit darin zu finden.

Ich muß noch bemerken, daß außerdem, daß dieſe Regel gegen alle wirkliche Erſcheinungen ſtreitet, ſolche der nachſtehenden völlig ausgemachten Regel grade entgegengeſetzt iſt, daß nämlich die mittleren Geſchwindigkeiten an verſchiedenen Stellen eines Fluſſes, der durch alle Querſchnitte gleich viel Waſſer führt, ſich umgekehrt wie die Größe der Querſchnitte verhalten. *)

VIII) „Flüſſe, welche gleiche Waſſermenge führen, haben eine deſto größere Geſchwindigkeit, je kleiner die Entfernung beider Ufer von einander iſt.„

*) In der That gilt dieſer Satz nur für diejenigen Strecken eines Fluſſes, auf welchen er durch alle Querſchnitte des Betts in einerlei Zeit einerlei Waſſermenge führt. Vergleicht man aber Strecken mit einander, in welchen der Fluß nicht gleiche Waſſermenge führt, z. B. ein 2 Meilen langes Stück der Donau in Schwaben mit einem 2 Meilen langen Stück in Ungarn, ſo wäre der Satz, daß ſich die Geſchwindigkeiten umgekehrt wie die Größe der Querſchnitte verhalten, augenſcheinlich falſch, daher ich un fleuve dont le cours eſt etabli durch einen Fluß überſetzt habe, der durch alle Querſchnitte gleich viel Waſſer führt. Gulielmini ſagt aber nicht, daß er von gleich viel Waſſer führenden Strecken der Flüſſe rede, ſondern von verſchiedenen Strecken, die ohngefähr gleich wenig Gefälle und gleiche Breite, aber ungleiche Waſſerhöhe haben. Sein Satz widerſpricht alſo dem hier von unſerm Hrn. Verf. erwähnten ſo wenig, daß vielmehr letzterer, wenn er richtig ſein ſoll, die erwähnte Einſchränkung, die den Widerſpruch hebt, nöthig hat.

Diese Regel ist in dem Sinne, welchen Gulielmini damit verbindet, falsch, indem die Höhe der Querschnitte nur unter gewissen Umständen zur Vergrößerung der Geschwindigkeit des Wassers etwas beiträgt.

Nachdem sich Gulielmini in dem vierten Kapitel in den Ursachen der Geschwindigkeit der Wasser in dem Flußbett geirrt hatte, trägt er in dem fünften Kap. sehr schwankende Grundsätze über die Art vor, wie diese Geschwindigkeit auf das Ausfressen des Bodens wirkt. Er druckt sich so aus: „Wenn man nun das, was im vo„rigen Kapitel entwickelt worden ist, als ausge„macht ansieht, so muß ich mich jetzt in ausführ„lichere Betrachtungen einlassen, und die Verän„derungen untersuchen, welche sich bei den Flüs„sen in Ansehung ihrer Breite, ihrer Tiefe und „ihres Gefälles zutragen können. Man ist dar„in durchgängig einig, daß die Betten ein ge„wisses Gefälle haben müssen, wenn die Wasser „darin abfließen sollen: aber in der Bestim„mung der Stärke dieses Gefälles weichen die „Schriftsteller von einander ab. Es ist nicht „nöthig, daß ein Flußbett bei der Mündung ei„niges Gefälle habe; es ist genug, daß in ge„wisser Entfernung von der Mündung neue Was„ser hinzutreten, so daß sich die Oberfläche da„selbst erhebe.„

„Der Strohm wird um so viel reißender, „und die Abweichung der Oberfläche von der „Horizontallinie desto größer, je stärker sich die „Was-

„Wasser zusammenhäufen ... Wenn man die „Flüsse abwägt, so findet man verschiedene Ge„fälle .... Ueberhaupt aber ist in verschiedenen „Lagen ihr Gefälle desto kleiner, je stärkern Flu„then die Flüsse ausgesetzt sind.„

„Wenn man das Gefälle eines Flusses in „verschiedenen Stellen seines Laufs abwägt, so „findet man dabei sehr große Verschiedenheiten; „es ist stark in den Gebirgen, nimmt in den ebe„nen Gegenden ab, und verschwindet völlig bei „der Mündung; es folgt hieraus offenbar, daß „das Gefälle nicht so sehr die Ursache als die „Wirkung von der Geschwindigkeit der Flüsse ist.„

Ich muß einen auffallenden Widerspruch bemerken, in den Gulielmini fällt. Indem er von einem Fluß redet, der bei der Mündung fließt, so schreibt er die Bewegung der Wasser der verschiedenen Lage der Oberfläche zu, und behauptet allgemein, daß, je beträchtlicher die Wassermasse ist, die durch einen horizontalen Kanal abfließen muß, um so viel beträchtlicher auch der Abhang der Oberfläche oder ihre Abweichung von der Horizontallinie sein müsse. Die Wirkung der lebendigen Wasserhöhe rechnet er für nichts.

Ein sehr in die Augen fallender Beweis, daß die Geschwindigkeit der Wasser bei der Mündung der Flüße nicht durch die lebendige Wasserhöhe bewirkt wird, ist dieses, daß die beträchtlichern Flüsse ein schwächeres Gefälle haben. Unsere kleinen Flüsse haben bei ihrer Mündung

ein ziemlich merkliches Gefälle. Die Rhone hat ein sehr schwaches, weil ihre Wasser bei Arles nur 4 bis 5 Fuß über der Meeresfläche erhaben sind. Der Amazonenfluß hat ein noch viel geringeres, weil die Ebbe und Fluth sich auf ihm bei 200 Meilen weit von der Mündung bemerken läßt.

„Der Reno, sagt Gulielmini, lauft nur „unter einem Winkel von 52 Sek. abwärts, „Wann sich die durch den Fall erlangte Ge„schwindigkeit völlig verliehrt, welches durch die „alle Augenblick in Weg kommenden Hindernisse „bewirkt werden kann, und wenn seine Lage völ„lig horizontal geworden ist, so ist nichts mehr „übrig, als die Höhe oder der dieser Höhe immer „angemessene Druck, was dem Wasser Geschwin„digkeit geben und seinen Abfluß bewirken kann. „Glücklicherweise wird dieses Wirkungsmittel „auch auf Erforderniß immer stärker, so wie das „Wasser immer mehr von seiner durch den Fall „erlangten Geschwindigkeit verliehrt, so steigt „und schwillt es immer höher auf.„

Gulielmini, der dem Wasser eine außerordentliche Bewegbarkeit zugestanden hatte, unterläßt nicht zu sagen, daß seine Geschwindigkeit durch die Reibung und sogar durch das Ankleben oder Zusammenhängen seiner Theilchen außerordentlich vermindert würde.

Die Wirkungen dieser Ursachen bestimmt er nicht, zuweilen achtet er sie gar nicht, und unter andern Umständen hält er sie für sehr beträchtlich.

lich. Die verſchiedenen Erſcheinungen ſtimmen ihn. „Das natürliche Ankleben der Waſſer„theilchen unter einander, ſagt er, und die Ei„genſchaft, vermöge der dieſe Theilchen gleich„ſam in einander eingreifen, macht, daß die un„tern, durch die Waſſerhöhe in Bewegung geſetz„ten Theile, die obern mit ſich fortreißen, die in „einem wagrechten Kanal ſich allein gar keine „Bewegung erhalten haben würden, oder nur „eine ſchwache, wenn der Kanal nur ein ſehr „ſchwaches Gefälle hätte. Es theilen alſo in „dieſem Fall die untern Waſſer den obern einen „Theil ihrer erhaltenen Geſchwindigkeit mit. „Daher kommt es auch, daß die größte Ge„ſchwindigkeit eines Fluſſes ziemlich oft in die „Mitte ſeiner Höhe fällt, denn die in der Mitte „liegenden Theile haben den Vortheil, daß ſie „nicht nur von der halben Waſſerhöhe gedruckt „werden, ſondern auch von der Reibung am Bo„den frei bleiben.„

Nachſtehendes zeigt, wie Gulielmini ſeine Grundſätze von der Art, wie das Waſſer den Boden und die Ufer des Flußbetts angreift, entwickelt: „von was für einer Urſache auch die „Geſchwindigkeit der Waſſer herrührt, ſo iſt „ausgemacht, daß, wann ihnen ſolche mitge„theilt iſt, ſie von dem Boden, über den ſie weg„fließen, kleine Stückchen losarbeiten können, „wie wenn es mit einer Feile geſchähe. Je grö„ßer daher ihre Geſchwindigkeit iſt, deſtomehr „müſſen ſie den Boden und die Ufer angreifen; „und ſo lange alſo das Waſſer keinen hinlängli„chen

„chen Widerſtand findet, muß ſolches fortfahren, „das Bett nach ſeiner Breite und Tiefe mehr aus„zuhöhlen. Je tiefer aber ein Fluß ſein Bett „aushöhlt, deſtomehr verſchwächt er das Gefälle „und verliehrt alſo von ſeiner Geſchwindigkeit; „jemehr ſich übrigens der Boden der horizonta„len Lage nähert, deſtomehr iſt er gegen das Aus„freſſen geſchützt: man ſieht alſo, daß die Aus„höhlung ihre Grenzen haben muß; und dieſe „Grenze iſt erreicht, wenn zwiſchen dem Wider„ſtand des Bodens und der angreifenden Kraft „des Strohms ein Gleichgewicht eintritt.„

„Die Ufer werden auf eben die Art ange„griffen, wie der Boden; aber die auf ſie wir„kende Urſache iſt anhaltender, und das Gleich„gewicht zwiſchen der Gewalt des Waſſers und „ihrem Widerſtand findet mehr Schwierigkeit, „als beim Boden des Betts.„

„Es gibt drei Urſachen, die ſich zur Aus„bildung des Betts vereinigen: die erſte iſt die „natürliche Beſchaffenheit des Bodens; ſo wi„derſteht ein ſandichter Boden weniger als ein „kreidenartiger: die zwote iſt die Lage des Bo„dens und der Ufer; denn je abhängiger ein Bo„den iſt, er mag nun ſandicht oder grandicht ſein, „deſto leichter wird er von einerlei Waſſerkraft „angegriffen: die dritte, welche den eigentlichen „Namen einer wirkenden Urſache verdient, iſt „die Gewalt des Waſſers, die nichts anders als „ihre Geſchwindigkeit iſt, es mag nun ſolche von „dem Gefälle des Betts oder von der lebendigen „Waſſerhöhe herrühren.

„Um

„Um von der Wirkung des Waſſers richtig „zu urtheilen, muß man annehmen, daß ſein „Stoß gegen Flächen von verſchiedenen Stellun„gen gerichtet werde. Wir wollen annehmen, „es ſeien mehrere um den Punkt B herum (fig. 1.) „angebracht, und ſie beſtehen alle aus Materie „von einerlei Feſtigkeit: ſo iſt klar, daß, je be„trächtlicher die Neigung der Ebene iſt, deſto „geringer die Gewalt ſein müſſe, die erfodert „wird, um die darauf angebrachten Materien „loszureißen und fortzuführen; und wenn die „Ebene horizontal liegt, alſo die Neigung der „Ebene nicht der Gewalt des Waſſers zu Hülfe „kommt, ſo muß alsdann letztere groß genug „ſeyn, um den Zuſammenhang derer über dieſer „Fläche liegenden Materien zu zerſtöhren und ſol„che wegzuführen, wenn der Boden ſoll ange„griffen werden können. Es iſt alſo klar, daß „die Gewalt des Waſſers, oder welches das „nämliche iſt, ſeine Geſchwindigkeit den Boden „in ſeiner ſchiefen Lage belaſſen muß, wenn ſie „nicht groß genug iſt, ihn horizontal zu machen. „Es folgt hieraus, daß die Gewalt des Strohms „nicht allemal die Wirkung vom Gefälle des „Betts iſt, wie man bisher geglaubt hatte; wohl „aber iſt das Gefälle des Fluſſes allemal eine „Wirkung von der Gewalt des Strohms.„

Ich werde in dieſem Werk zeigen, daß die Waſſer nicht nach der Verhältniß ihrer Geſchwindigkeit Grand mit ſich führen, und daß ſie ſogar gewöhnlich aufhören, ſolchen mit ſich zu führen,

wenn

wenn ſie ihre gröſßte Geſchwindigkeit erlangt haben. Es folgt hieraus, daß das Gleichgewicht zwiſchen der Gewalt und dem Widerſtand des Bodens eine bloße Erdichtung iſt. Ein anderer beträchtlicher Irrthum des Gulielmini beſteht darin, daß er geglaubt hat, das Waſſer wirke im Flußbett überall auf einerlei Art, wofern nur ſeine Geſchwindigkeit die nämliche ſei.

Hier ſind einige Folgen, die dieſer Schriftſteller aus ſeinen Grundſätzen, die er ſich vorher gemacht hatte, herleitet: Je gröſßer bei den Flüſſen die Gewalt des Waſſers iſt, deſto ſchwächer iſt ihr Gefälle. Wenn die Geſchwindigkeit des Waſſers in einem Fluß, ohne daß das Gefälle dabei zu Hülfe kommt, hinlänglich iſt, den Boden anzugreifen und Theile daraus wegzuführen, ſo kann das Bett kein Gefälle haben oder keines behalten. Dieſe beiden Sätze ſind falſch. Es können nämlich zween Flüſſe von verſchiedenen Geſchwindigkeiten einerlei Gefälle haben. Es gibt Flüſſe, die eine hinlängliche Geſchwindigkeit haben, um beſtändig Kieſel mit ſich fortzuführen, und deren Gefälle ſehr beträchtlich iſt. Es iſt endlich in einerlei Flußbett das Gefälle deſto ſchwächer, je kleiner die Geſchwindigkeit iſt: dieſes widerſpricht gradezu der Theorie des Gulielmini. Nachdem dieſer Schriftſteller die Art betrachtet hat, wie ſich die Waſſer ihr Bett machen, ſo erklärt er die Veränderungen, die dabei durch die Anhägerungen verurſacht werden; er ſagt, wenn die Waſſer eines Fluſſes beſtändig helle wä-

wären, ſo könnten ſie zwar das Bett vertiefen, nicht aber ſolches anfüllen. Er glaubte nämlich, die Flüſſe, deren Tiefe beträchtlich wäre, könnten allemal den Boden angreifen; und dieſe Behauptung war um ſo viel ſonderbarer, da die Geſchwindigkeit oder die Gewalt der Waſſer deſto größer wird, je mehr die lebendige Waſſerhöhe zunimmt.

Gulielmini beſchließt dieſen Artikel mit dieſen merkwürdigen Worten: „wann die Gewalt „des Waſſers beträchtlich, und die Größe und „Feſtigkeit der Kieſel beſtimmt iſt, ſo folgt, daß „ſich ſolche, wenn ſie eine Zeitlang im Waſſer „hin und her getrieben worden ſind, völlig in „Sand auflöſen müſſen. Man darf es alſo nicht „als was gar ſonderbares anſehen, wenn die Ab„führung der Kieſel ihre Grenzen hat, und wenn „ſich nicht die Flußbetten durchaus damit anfül„len, weil die Menge von Kieſel, welche hinein„tritt, und die welche darin zerſtöhrt wird, gleich„ſam einander die Wage halten. Hieraus erklärt „man, warum gewiſſe Flüſſe Kieſel bis ins Meer „führen; dieſes geſchieht, wenn der Weg, den ſie „zu durchlaufen haben, nicht groß genug iſt, um „den Kieſeln zu ihrer Zerfällung in Sand Zeit ge„nug zu laſſen.„

Gulielmini beſchäftigt ſich mit den verſchiedenen Richtungen der Flußbetten im ſechſten Kapitel. Er ſagt mit Grund, daß die Krümmungen, welche man bei ihnen antrifft, durch die Orts-Umſtände, oder durch Urſachen, die ſich auf den Ort beziehen, verurſacht werden; er redet

det von der Nothwendigkeit, worin ſich die Menſchen befunden haben, die Flüſſe in ihren Schranken zu halten, und ihnen zu wehren, daß ſie ihre Ufer nicht ausfreſſen; er fährt ſo fort: „Die Verwüſtungen, welche die Flüſſe angerich„tet haben, haben viele Schriftſteller rege ge„macht; kein Theil der Waſſerbaukunſt iſt ſo aus„führlich behandelt worden: aber man muß ge„ſtehen, daß man keine großen Vortheile daraus „gezogen hat, es mag nun ſein, daß der Urſa„chen, welche Beſchädigungen und Veränderun„gen in den Flußbetten bewirken, gar zu viele „ſind, oder daß es mit zu vieler Schwierigkeit „verbunden iſt, ihre Stärke zu beſtimmen, und ih„nen hinlänglichen Widerſtand entgegen zu ſetzen, „oder daß man ſich endlich in Unterſuchung der „wahren Urſache von der Wirkung, der man vor„beugen will, gar zu leicht irrt. In der That iſt „die Bemühung, einem Strohm Hinderniſſe ent„gegen zu ſetzen, mehrentheils unſonſt; zuweilen „iſt ſogar das angewendete Mittel ſchädlicher, „als das Uebel ſelbſt, und es geſchieht wohl, daß „eine Anlage, die zur Erhaltung der Ufer eines „Fluſſes beſtimmt iſt, die Zerſtöhrung derſelben „nach ſich zieht, da ſie ohne dieſe Anſtalten län„ger würden ausgehalten haben. Inzwiſchen „will ich hiermit nicht den Gebrauch, die Ufer „der Flüſſe zu befeſtigen, völlig verwerfen, und „noch weniger die Bemühung, Vorſchriften zu „geben, wonach ſich dergleichen Anlagen mit „gutem Erfolg herſtellen laſſen. Ich weiß, was „für Schwierigkeiten und Hinderniſſe man bei

der-

„dergleichen Bemühungen findet, ſobald man „zur Ausübung ſchreiten ſoll; ich weiß es ſehr „wohl, daß die Erfahrung vieles an die Hand „gibt, und hauptſächlich die Erfahrung bei eben „dem Fluß, bei welchem dergleichen Arbeiten „vorgenommen werden: die Kenntniß ſeiner ei„genthümlichen Eigenſchaften iſt durchaus noth„wendig, wenn man einen glücklichen Erfolg „erwartet.„

Man kann um ſo viel mehr glauben, daß Gulielmini von der Art, wie die Waſſer wirken, keine richtigen Begriffe hatte, da er ſolches ſelbſt eingeſteht. Ich werde ihm nicht in allem folgen. Es gibt wenige Sätze, die nicht von denen Lehren abhängen, welche er vorgetragen hat.

Er ſagt hierauf im dritten Satz, wenn man annehme, daß zur Zeit der ſtärkſten Fluthen der Widerſtand der Ufer mit der Gewalt der Waſſer im Gleichgewicht ſtehe, ſo müſſen ſolche auch jeder andern Fluth, die eben ſo ſtark oder ſchwächer wäre, Widerſtand leiſten. Dieſes kann aber ſehr falſch ſein; denn wir werden zeigen, daß eine kleine Fluth mehr Unheil anrichten kann, als eine größere.

Nun folgt ſein vierter Satz. Wenn der Querſchnitt eines Fluſſes ſowohl nach ſeiner Breite als nach ſeiner Tiefe beſtimmt iſt, und er die Geſtalt eines Rektangels hat, ſo kann er ſo lange keine Veränderung leiden, als die Waſſer helle bleiben; wenn ſie aber trübe werden, und Grand führen, ſo werden die Ufer nothwendig

angegriffen, und der Boden des Querſchnitts wird in der Mitte ausgehöhlt. Um den zweeten Theil dieſes Satzes zu beweiſen, ſagt er, es verliehre das zunächſt an den Ufern gelegene Waſſer durch die Reibung an ſeiner Geſchwindigkeit: es kann alſo nicht die nämliche Gewalt haben, wie das Waſſer in der Mitte des Betts; es muß alſo daſelbſt Anhägerungen bewirken, indeß es hier Aushöhlungen macht. Eben ſo ſeicht ſind ſeine Gründe, womit er beweiſen will, daß die Ufer müſſen angegriffen werden.

Ich ſchreite gleich zu der erſten Folgerung aus dem achten Satz, um einen auffallenden Widerſpruch mit dem zu zeigen, was er in dem vierten Satz behauptet hat: „Es folgt, ſagt Gu„lielmini, aus dem vorhergehenden Satz, daß „bei Flüſſen, die ſich in Krümmungen ziehen, „die Ausfreſſungen nicht weiter um ſich greifen, „und die Ufer nicht mehr durch die Waſſer be„ſchädigt werden, als wenn ſolche unter einan„der und mit der Richtung des Strohmbetts pa„rallel laufen, wofern eines von den Ufern an„gegriffen worden iſt und die Krümmung ange„nommen hat, welche die Urſache und die Um„ſtände, wodurch ſolche bewirkt worden iſt, er„fodern.„

Da Gulielmini den Satz findet, daß die Ufer nothwendig angefreſſen werden, wann ſie bei Fluthzeiten mit dem Strohm parallel laufen, ſo mußte er um ſo viel mehr ſchließen, daß ſie allemal mehr angegriffen werden müſſen, wann

ſie

ſie dem Stoß der Waſſer mehr ausgeſetzt wären, und wann ſie Büge bildeten. Nur bei Flüſſen, die einen ſanften Strohm haben, ſchaden die Krümmungen dem Bett nichts; bei denen aber, die reißend ſind, werden die dem Waſſerſtoß am meiſten ausgeſetzten Uferſtücke beſtändig angegriffen.

Bevor Gulielmini die Wirkungen erklärt, welche von der graden Richtung und von den Bügen der Flußbetten abhängen, bemerkt er, daß „diejenigen, welche über Grand fließen, ſehr „ſelten die grade Richtung behalten, weil ſie, in„dem ſie den Grand langſam beiführen, ſolchen „öfters, ſo wie die Fluth nachläßt, in der Mitte „liegen laſſen, und hierdurch Anhägerungen ent„ſtehen, welche machen, daß ſich der Strohm „zuweilen nach der Seite hinlenkt, wo die Län„derei einen geringern Zuſammenhang hat, alſo „die Aushöhlung eines neuen Betts leicht von„ſtatten geht und einer nachfolgenden Fluth vor„gearbeitet wird. Hierdurch entſtehen die vielen „Aeſte, welche man in den Flußbetten dieſer Art „antrifft, die Inſeln, die Anhägerungen ꝛc. und „über das alles die Veränderung in der Richtung „und Lage des Betts bei jeder Fluth. Bei ſol„chen Flüſſen haben die Anlagen, welche man „macht, um ſie in ihren Schranken zu halten, „keine Dauer: man zieht daher auch wenig Nuz„zen aus den Mitteln, welche man anwendet, „ihren Lauf zu verändern und ſie nach einer gra„den Richtung zu leiten. Man darf ſagen, daß „dergleichen Flüſſe gar nicht zu bezwingen ſind,

„und daß im Gegentheil solche, welche über „Sand fließen, wegen der vollkommenen Ein„förmigkeit der mit fortgeführten Materien, un„gemein lenksam sind, so daß sie ihren einmal „erhaltenen Lauf nicht wieder abändern und ihre „Ufer leicht verwahrt werden können.„

Es gibt wenig Artikel, wo die Verlegenheit des Gulielmini so sichtbar ist, und wobei er in so große Irrthümer und in so starke Widersprüche verfällt, als in dem eben angeführten. Er stellt sich Anfangs vor, daß die Flüsse häufigen Grand führen, und daß sie solchen zuweilen plötzlich in der Mitte des Strohms zurücklassen, weil sie ihre Geschwindigkeit verlohren haben: überzeugt, daß die Fortführung dieser Materien nur von der Gewalt des Strohms abhänge, läßt er sich es gar nicht beifallen, daß gleich schnelle Wasser nach der verschiedenen Beschaffenheit der einzelnen Stellen im Flußbett, auf eine sehr verschiedene Weise gegen den Boden wirken.

Nachdem er bewiesen hat, daß die Wasser einen steinichten Boden nicht so leicht angreifen, als einen sandichten, behauptet er, daß Anlagen, die über beweglichern Materien aufgeführt werden, mehr Haltbarkeit haben. Er vergißt, daß die Anhägerungen, welche man in den Flüssen antrifft, größtentheils aus Sand bestehen, und daß die Inseln eben so häufig in Gegenden angetroffen werden, wo die Flüsse nur über Sand fließen, als in solchen, wo sie über Grandsteine ströhmen.

Ich

Ich übergehe verschiedene Sätze, die entwe-
r falsch oder nicht bestimmt genug ausgedruckt
ıd, um auf das siebente Kapitel zu kommen,
s äußerst wichtig ist. Hier beschäftigt sich
ulielmini mit einigen besondern Bewegungen,
: man bei den Wassern der Flüsse wahrnimmt.
h will sogleich seine Gedanken über die Vertie-
ıgen hersetzen:

„Die Vertiefungen rühren von den Wir-
eln her. Es gibt zwo Gattungen von Wir-
eln: nämlich solche, die in der Mitte hohl sind,
ie Wasser vom Boden und den Seiten ver-
hlingen, und von zwo Bewegungen veranlaßt
erden, deren eine lothrecht auf den Mittel-
ınkt des Wirbels gerichtet ist, die andere aber
ingst dem Fluß eine horizontale oder schiefe La-
: hat.„

„Die Wirbeln der andern Art sind nichts
ıders als Bewegungen des Wassers, ohne
ıß dabei Wasser verschlungen wird; sie ent-
:hen aus der Vereinigung verschiedener Rich-
ıngen des Wassers, die von der Ungleichheit
s Bodens dem Widerstand, welchen die Ufer
)er andere dem Strohm im Weg liegende Hin-
rnisse verursachen, und der verschiedenen Ab-
eichung der Wasserfläche von der Horizontal-
tie herrühren. Sie haben zum Theil eine un-
ränderliche zum Theil eine abwechselnde Lage.„

„Die Wirbeln der ersten Art sind ungemein
ufig; sie werden nach der Richtung des
trohms mit fortgezogen, und verliehren sich

„bald, weil deſſen Bewegung in kurzer Zeit jede „andere zunichte macht.„

„Die Wirbeln der andern Art ſind nicht ſo „gemein; aber ſie ſind wegen der Kölke, die ſie „hervorbringen, und wegen der Beſchädigungen, „die ſie bei den Ufern antichten, bei weitem ge„fährlicher. Sie werden hauptſächlich durch den „Widerſtand derer dem Strohm entgegen liegen„den Hinderniſſe verurſacht, wenn ſolche mit der „Richtung des Strohms einen rechten oder ſpiz„zen Winkel machen: die Waſſer werden als„dann genöthigt, ſich in dem untern Theil dieſer „Wirbeln rückwärts zu bewegen; das Waſſer „erlangt eine größere Höhe als oberhalb, weil es „die Hinderniſſe zu ſteigen nöthigen .... Je „mehr ein Wirbel in die Enge gebracht wird, de„ſtomehr greift er die Wände an, die ihn begren„zen. Daher kommt es, daß die Wirbel beim „Anfang entſtehender Einriſſe in der Nähe der „Ufer und der Brückenpfeiler zum Vorſchein „kommen„

„Es iſt bei Flüſſen mit parallelen Ufern et„was ſehr gewöhnliches, daß die größte Ge„ſchwindigkeit nach einer Richtung erfolgt, die „auf den höchſten Boden ſenkrecht iſt, und daß „die Richtung des Waſſers in allen Schichten „die nämliche iſt; es iſt aber eben ſo gewiß, daß „die verſchiedene Lage der untern, mittlern und „obern Ufer den Erfolg hat, daß die Waſſer in „verſchiedenen Höhen nicht einerlei Richtung ha„ben, und daß hierdurch Wirbel verurſacht wer„den, die ſich nicht allemal von der Oberfläche

„bis

„bis auf den Boden fortpflanzen, sondern bald „nur an der Oberfläche, bald nur am Boden „statt finden.„

„Es scheint sonderbar, daß die Kölke so lan„ge dauern und einerlei Tiefe so lange behalten. „Das Wunderbare hierbei gründet sich darauf, „weil man glaubt, daß das Wasser bei Fluthzei„ten in den Kölken ruhig stehen bleibe, wie sol„ches bei niedrigem Wasserstand geschieht: wenn „es hiermit seine Richtigkeit hätte, so müßten „sich allerlei von dem Wasser mitgeführte Mate„rien darin ansetzen, welches doch nicht geschieht.„

„Eben so wie es falsch ist, daß sich die Köl„ke ohne Veränderung der Ursachen, die sich zu „ihrer Aushebung vereinigten, ausfüllen, so ist „es auch unrichtig, daß die Wasser bei Fluthzei„ten die sanfte Bewegung behalten, die sie bei „niedrigem Wasserstand haben. Man muß da„her untersuchen, woher eine solche Geschwin„digkeit kommen kann, die hinreichend ist, die „Tiefe des Flußbetts zu unterhalten und die Aus„füllung der Kölke zu verhindern, und dieses ist „nicht schwer, wenn wir zu den Grundsätzen zu„rückgehen, welche wir schon entwickelt haben.„

„Die Vertiefungen entstehen in der Nähe „im Weg liegender Hindernisse. So wie die „Wasser gegen solche grade anstoßen, stürzen sie „über sich selbsten zurück; ein Theil davon ver„ursacht die Aufschwellung der Wasser; indeß „der übrige Theil gegen den Boden des Flusses „stößt und solchen ausfrißt. Dieses ist die Ent-

„ſtehungsart der Kölke. In der That wäre es „unbegreiflich, wie das Waſſer den Boden an„greifen könnte, wenn es mit demſelben in paral„leler Richtung ſtröhmte.... Das Waſſer „muß, wann es den Boden angreifen ſoll, ge„gen ſolchen entweder eine ſchiefe oder eine ſenk„rechte Richtung annehmen; aber der Wider„ſtand des Grandes und die Bewegung derer ſich „anhäufenden Waſſer nöthigen ſolches bald, aus „der Tiefe des Kolkes ſich nach der Oberfläche zu „erheben, und zwar nach einer Stelle hin, wo „die Waſſerhöhe geringer iſt, und wo das Waſ„ſer freier abfließen kann. Hierdurch wird zum „Theil die Länge und Breite der Vertiefung be„ſtimmt; die übrigen hierauf Einfluß habenden „Umſtände ſind die natürliche Beſchaffenheit und „Lage derer im Weg liegenden Hinderniſſe, die „Höhe des Waſſers, ſeine Geſchwindigkeit und „der Widerſtand des Bodens.„

„Der Eintritt und Ausgang des Waſſers „aus der Vertiefung kann auf zweierlei Wei„ſe ſtatt haben; entweder fließt es am obern Theil „zu und am untern wieder ab, oder es iſt umge„kehrt. Im erſten Fall muß das Waſſer einer „ſchiefen Ebene folgen, deren Abhang gegen den „Strohm gerichtet iſt; wenn aber das Waſſer „am obern Theil der Vertiefung ſeinen Ausgang „nimmt, ſo entſteht ein lothrechter Wirbel, weil „das oberhalb herausgetretene Waſſer ſich wie„der mit dem Strohm vereinigen muß, und al„les durch die Hinderniſſe in die nämliche Ver-

„tie-

„tiefung hineingetrieben wird. Daher kommt „es, daß die von den Flüſſen mitgeführte Körper „von der Oberfläche auf den Boden, und vom „Boden nach der Oberfläche getrieben werden, „bevor ſie die Vertiefung verlaſſen. Dergleichen „vertikale Wirbel ſind diejenigen, welche den Bo„den der Flußbette angreifen.„

„Die horizontalen Wirbel greifen gleichfalls „an, aber bei weitem ſo ſtark nicht wie die ver„tikalen.„

„Bei Fluthzeiten entſtehen oft Kölke unter„halb Wirbeln: aber in andern Fällen findet „man, daß ſie unterhalb Anhägerungen entſte„hen. Die Verſchiedenheit dieſer Erfolge rührt „daher, daß im erſten Fall die Wirbel nach der „ganzen Tiefe des Fluſſes ſtatt haben, im letztern „aber nur an der Oberfläche; und anſtatt den „Fluß auszuhöhlen, haben ſie unterwärts ſtehen„de oder doch nur ganz ſchwach fließende Waſſer, „worin ſich eine Menge vom Waſſer mitgeführter „Körper anſetzt, oder Anhägerungen entſtehen.„

„Dergleichen Wirbel trifft man nicht in nie„drigen Waſſern an, und die Vertiefungen glei„chen alsdann kleinen Seen; in Flüſſen aber, die „Waſſer in hinlänglicher Menge haben, trifft „man ſie allemal an; auch bemerkt man ſie bei „niedrigem Waſſerſtand, wenn der Boden ſtei„nicht iſt.„

Man ſieht, daß Gulielmini die Urſachen zuſammenhäuft, um die Erſcheinungen erklären zu können. Die vertikalen Wirbel ſind erdichtet;

er paßt ihre Wirkung den Umſtänden an; bald ſetzt er ſie auf die Oberfläche, bald in die Tiefe; im erſten Fall läßt er ſie Anhägerungen bilden, indem er ſich vorſtellt, ſie hätten unterwärts ruhig ſtehende Waſſer, als wenn ſolches in einerlei Strohm möglich wäre; im andern Fall läßt er ſie den Boden angreifen.

„Die Waſſerfälle und Dämme, welche die „Flüſſe verſperren, verurſachen Vertiefungen. „Ihre Wirkungen beſtehen darin, daß ſie den „Boden des Betts oberwärts in höherer Lage „erhalten, als er ſein würde, wenn jene nicht „vorhanden wären, und daß ſie hierdurch Ver„tiefungen, die entſtehen könnten, verhindern; „ſie wehren dem Waſſer nicht, die Steine mit „ſich fortzuführen, welche ſie bei ihrem Abſchuß „von den Gebirgen in ihr Bett bringen. Anfangs werden nur die kleinen Kieſel über die „Dämme weggeführt; wenn aber der oberhalb „entſtandene leere Platz einmal ausgefüllt iſt, ſo „fährt der Fluß wieder wie zuvor fort, die mit„gebrachten fremden Materien weiter mit ſich „fortzuführen, wenigſtens fehlt nicht viel daran. „Die Dämme leiſten gute Wirkungen bei Flüſ„ſen, die ein ſtarkes Gefälle haben, nicht aber „bei ſolchen, denen es daran fehlt .... ſie ma„chen oft Seeen, die, wann ſie tief ſind, den „Mangel an Gefälle erſetzen können; ſie dienen, „Mühlen zu betreiben ꝛc.„

Im zwölften Kap. erklärt ſich Gulielmini auf eine beſtimmtere Art über die Wirkungen der Schleu-

Schleusen. Ich will seine Gedanken hier mittheilen:

„Wenn man eine Wasserstemmung erbaut „hat, so ergibt sich oberhalb eine Art von klei„nem See, dessen innerer Raum gleichwohl mit „denen vom Fluß beigeführten Materien bald „ausgefüllt wird, z. B. von Kieseln, Sand ꝛc. „und indem sich auf diese Art der Boden des „Flußbetts wieder erhöht, so gibt er zu einer „ähnlichen und verhältnißmäßigen Erhöhung in „den obern Gegenden des Betts Anlaß ... Die „Errichtung eines Damms bewirkt keine Verän„derung im untern Theil des Betts. Der Bo„den der Flüsse erhält seine Bestimmung nicht „aus dem Zustand, worin sich solche oberhalb „befinden, sondern hauptsächlich aus der Be„schaffenheit ihrer Mündung.„

„Ein Fluß, welcher Grand führt, ehe man „Wasserstemmungen darin veranstaltet, muß sol„chen auch noch führen, nachdem solche Veran„staltungen getroffen worden sind, weil der Bo„den oberhalb der Stemmung unvermerkt wieder „in die Reihe kommt; und indem er sein altes „Gefälle wieder annimmt, so muß er wieder, wie „zuvor, Grand mit sich führen. Da der untere „Theil keine merkliche Veränderung leidet, so „kann er den Kieseln nicht hinderlich sein, dem „Strohm so lange zu folgen, bis ihnen die Na„tur Grenzen setzt.„

„Die da glauben, man könne durch Stem„mungen den Grand in den Betten der Bäche „zu-

„zurückhalten, und auf dieſe Art bewirken, daß „ſie die Betten der Flüſſe, in die ſie ſich ergießen, „nicht erhöhen, betrügen ſich. Es iſt zwar rich„tig, daß man durch dieſes Mittel etwas zur Er„reichung ſeines Zwecks beiträgt, aber bei wei„tem nicht alles, was dazu nöthig wäre; denn „man könnte nur ſo viel Geſtein zurückhalten, „als zur Ausfüllung des hinter den Verdam„mungen ſich ergebenden Waſſerbehältniſſes und „zur Herſtellung des alten Gefälles, welches das „Bett vor Veranſtaltung der Stemmungen hat„te, nöthig wäre.

Gulielmini hatte von Caſtelli die Vorſtellung entlehnt, daß ein Fluß oberhalb der Dämme allemal ſein altes Gefälle wieder annehme: dieſes iſt aber unrichtig. Man ſieht, daß dieſer Schriftſteller die Urſachen nicht kannte, die zur Ausfüllung der Vertiefungen oberhalb den Dämmen etwas beitragen können; er behauptet, dieſe Ausfüllung erfolge allemal, und dieſes ſtreitet gegen die Erfahrung: er konnte ſich aber ſeiner Wirbel nicht recht bedienen, zu erklären, wie ſich ſolche erhalten, weil die Dämme gewöhnlich ſenkrecht gegen den Waſſerſtrohm an Stellen aufgeführt werden, wo der Strohm des Fluſſes grad ausgeht, und wo folglich nichts vorhanden iſt, das horizontale oder vertikäle Wirbel verurſachen könnte.

Das achte Kap. enthält ausführlichere Betrachtungen über die Art, wie Waſſer wirken, wann ſie ſich mit andern Waſſern vermiſchen,

es mögen ſolche in Bewegung ſein oder ruhig ſtehen. Man findet viel Wahres darinnen; aber die wichtigſten Betrachtungen gründen ſich auf eine falſche Theorie.

„Bei Fluthzeiten iſt die Anſchwellung der „Waſſer bei der Mündung nicht ſo merkbar, als „in gewiſſer Entfernung oberhalb. Dieſe Beob„achtung hat Caſtelli gemacht. Dieſes muß „hauptſächlich bei dem Meer ſtatt finden, weil „ſeine Waſſer durch den Beitritt eines Fluſſes, „ſo groß er auch immer ſein mag, nicht aufge„ſchwellt werden. Eine Anſchwellung von eini„gen Zollen bei der Mündung verurſacht in ge„wiſſer Entfernung von der Mündung Anſchwel„lungen von mehrern Fußen: gleichwohl iſt es „falſch, daß die Geſchwindigkeit der Flüſſe bei „der Mündung nur inſoweit wachſe, als die „Nähe des freiern Eintritts ihnen einen ſchnel„lern Abſchuß verſchaffen kann.„

„Wenn ein Fluß, der ſich in einen andern „Fluß oder ins Meer ergöſſe, nicht ſtark genug „wäre, um den daher rührenden Widerſtand zu „überwinden, ſo müßte er aufſchwellen, entwe„der weil ſeine Geſchwindigkeit verzögert würde, „oder weil die Waſſer, denen er zufließt, über „die ſeinigen treten; durch dieſe Anſchwellung „aber würde er die zu ſeinem Eintritt nöthige „Kraft erhalten; der Widerſtand ſelbſt, welchen „er zu überwinden hätte, würde ihm ſolche ver„ſchaffen.„

„Bei

Die Folgen aus denen in diesem Kap. vorgetragenen Lehren sind diese: I) Man muß Flüsse, welche Grand führen, nicht mit solchen vereinigen, welche über sandichten Boden fließen. II) Man muß den Lauf solcher Flüsse, welche bis zur Mündung Grand führen, nicht noch mehr verkürzen. III) Die Beschädigungen der Ufer in vereinbarten Flüssen sind unvermeidlich, und leiden kein Gegenmittel. IV) Es ist vortheilhafter, den Grand bei seinem Einfluß durch Verlängerung seines Laufs, und selbst dadurch, daß er in Krümmen geführt wird, in seinem fernern Fortgang zu hemmen, als ihn in diesen Zustand zu versetzen.

In dem zehnten Kap. ist die Rede von dem Ab- und Zunehmen der Wasser in den Flüssen, und von den Verhältnissen, in welchen diese Veränderungen erfolgen; ich will einige Stellen ausziehen, worin Behauptungen vorkommen, denen man unmöglich beitreten kann.

„Indem sich Flüsse in andere ergießen, so „verursachen sie darin Anschwellungen, die desto „beträchtlicher sind, je niedriger die Wasser der „letztern sind.„

„Die stärksten Anschwellungen bei einerlei „Fluß, die man in einerlei Gegend bemerkt, ha„ben eine größere Geschwindigkeit als diejenigen, „welche nicht so beträchtlich sind. Doch findet „sich zuweilen auch das Gegentheil, daß man „nämlich die Stärke der Anschwellung nicht aus

„der

„der Höhe der Wasser, wohl aber aus ihrer Ge„schwindigkeit beurtheilen kann.„

„Die Flüsse schwellen nicht nach Verhält„niß der Wassermenge an, die sie aufnehmen. „Ein kleiner Fluß kann in einen großen treten, „ohne seine Breite oder sogar seine Höhe zu ver„größern. Diese scheinbare Ungereimtheit grün„det sich darauf, daß es möglich ist, daß der „kleine Fluß die Wasser an den Ufern des großen, „die vorher ruhig standen, zum Fortfließen ge„bracht und die Geschwindigkeit des Strohms „selbsten vergrößert hat, und zwar in eben der „Verhältniß, worin er die Wassermenge ver„größert hat. Der Arm des Po bei Venedig „hat den Arm von Ferrara und den von Panaro „ohne einige Erweiterung seines Betts verschlun„gen.„

„Man muß verhältnißmäßig auf eben die „Art von allen Anschwellungen urtheilen, die „sich bei den Flüssen ereignen, und überhaupt „von jeder neuen Vermehrung des Wassers, die „auch die Geschwindigkeit vergrößert.„

„Die Anschwellungen der Flüsse werden „nicht nur durch die Regen und aufgehenden „Schnee, sondern auch durch die Wasser aus „Höhlen, die sich in dem Schooß der Erde be„finden, verursacht.„

„Große Anschwellungen verursachen zuwei„len Anhäufungen von fremdartigen Materien „in den Flußbetten, die nachher, wenn diese

„Anschwellungen vorüber sind, weggeführt wer„den.„

Die Gulielminische Abhandlung von den Flüssen endigt sich eigentlich mit dem zehnten Kapitel. Das eilfte Kap. handelt nämlich von den Mitteln, den Abfluß der Wasser von den Feldern in die Flüsse zu befördern; das zwölfte Kap. handelt von Ableitungskanälen; das dreizehnte Kap. von Verbesserung und Austrocknung sumpfichter Ländereien.

Das vierzehnte Kap. betrifft einen höchst wichtigen Gegenstand; es ist darin von Festsezzung der Regeln die Rede, die man zu beobachten hat, wenn man die beim Lauf der Flüsse verlangten Veränderungen mit Vortheil vornehmen will. Man findet darin viele nüzliche Bemerkungen; da aber der Verf. selbsten erinnert, daß die Regeln, welche er vorträgt, auf die Theorie gegründet sind, die er in seinem Werk und besonders im vierten Kapitel ausführlich erläutert hat, so kann man sie nicht mit zu vielem Mißtrauen lesen; ich begnüge mich, nur zween Artikel daraus anzuführen.

„Wenn man Flüsse, welche über steinichten „Boden fließen, abkürzt und grade ausführt, so „erhält man lange Zeit hindurch selten die Vor„theile, die man davon erwarten könnte, weil „ihnen die Veränderung ihres Laufs natürlich „ist .... aber die nämlichen Veränderungen „bei Flüssen, die über Sand fließen, vorgenom„men, erhalten sich von Natur länger, und sie

„ha-

„haben eine Art von Unzerſtöhrbarkeit, wenn „man die gehörige Aufmerkſamkeit darauf ver„wendet hat.„

„Es ſcheint der Natur und den Beobach„tungen, die man über die Flüſſe angeſtellt hat, „ganz angemeſſen, daß die auf einem horizonta„len Boden ausgebreiteten Grandſteine nicht wei„ter fortgeführt werden können, die Gewalt der „ſtröhmenden Waſſer mag noch ſo groß ſein; „und in der That triffr man keine dergleichen an, „welche ſolche Steine bis zur Mündung führten. „Eben darum habe ich immer geglaubt, und es „auch anderswo geſagt, daß der Po aus der Ur„ſache ſein Bett in der Mitte von den Ebenen „der Lombardie genommen hat, weil ihn die „Flüſſe, welche ihm von beiden Seiten zuſtröh„men, ſeine jetzige Lage anzunehmen genöthigt „haben. Denn man bemerkt, daß ihm weiter „fort in ſeinem Lauf, wo er kein Geſtein mehr „führt, von den einfallenden Waſſern nichts als „Sand mehr zugeführt wird; man ſcheint daher „ſchließen zu können, daß Flüſſe, die über Ge„ſtein fließen, wenn ſie auch noch ſo beträchtlich „ſind, allemal ein Gefälle haben müſſen, das „wahrſcheinlich größer ſein muß als bei ſchwä„chern Flüſſen, die über Sand fließen, das iſt „größer als 15 bis 16 Zoll auf die Meile, und „das deſto ſtärker ſein muß, je niedriger die Waſ„ſer und je größer die Steine ſind.„

Nach Gultelmini hängt das Gefälle der Flüſſe von der Gewalt des Strohms ab, oder, wel-

welches eben das iſt, von der Geſchwindigkeit der Waſſer: er behauptet, das Gefälle nehme ab, nachdem die Geſchwindigkeit zunehme; ſonſten geſteht er dem Waſſer die höchſte Bewegbarkeit zu.

Da er der gemeinen Theorie von den Wirkungen des Drucks beitritt, ſo muß er zugleich annehmen, daß die von der Höhe der lebendigen Waſſer bewirkte Geſchwindigkeit diejenige bei weitem übertrifft, welche von der Beſchleunigung herrührt. So wie die Flüſſe zuſammentreten, werden die lebendigen Waſſer beträchtlicher und ihr Gefälle geringer; ihre Geſchwindigkeit wird alſo, nach ihm, größer. Auf ſo falſchen Gründen beruht Gulielminis ganzes Werk. Wenn es Wahrheiten enthält, ſo verdient er darum keine Lobſprüche, weil ſolche nicht aus ſeinen Grundſätzen hergeleitet worden ſind. Man kann ſich ſehr oft auf das Anſehen dieſes Schriftſtellers ſtützen, um ganz entgegengeſetzte Sätze zu behaupten, nachdem man die treflichen Beobachtungen, welche er bekannt gemacht hat, in Anwendung bringt. Die brauchbaren Reſultate ſeines Werks müſſen dem künſtlichen mit Dunkelheit vermiſchten Gewebe ſeiner Sätze, und, darf ich es ſagen? ſelbſt eingemengten Ungereimtheiten, die zum Theil einander aufheben, zugeſchrieben werden.

Ich will dieſen das Gulielminiſche Werk betreffenden Artikel mit einigen Bemerkungen über die Art, wie er die Wirkung der Waſſer

auf

auf die Grundsteine erklärt, beschließen. Er legt den ganz richtigen Satz zum Grund, daß ein Körper um so viel leichter in Bewegung gesetzt wird, je stärker die Fläche, auf der er ruht, gegen den Horizont geneigt ist; und hieraus schließt er mit Recht, daß eine größere Kraft erfodert wird, die großen Steine fortzuführen als die kleinen; wenn aber die Gewalt des Strohms größer wird, so kann auch das Gestein desto weniger der Fortführung widerstehen, und die geringere Neigung der Ebene kann durch die Vergrößerung der Geschwindigkeit leicht ersetzt werden, zumal da das Gefälle der Flüsse allemal sehr klein ist. Nach Gulielmini müßten also die Flüsse umsoviel häufiger Kiesel führen, je mehr sie sich ihrer Mündung nähern, weil alsdann die Geschwindigkeit, sie mag nun von der Beschleunigung oder von der Höhe der lebendigen Wasser herrühren, größer wird. Dieses ist aber der Erfahrung grade zuwider.

Gulielmini fühlte die Folgen aus seinen Grundsätzen vollkommen; er stellte sich daher vor, daß die durch den Stoß der Wasser hin und her geworfenen und fortgestoßenen Kiesel noch eher in Sand aufgelößt würden, als sie die Mündung der Flüsse erreichen. Gleichwohl läßt sich leicht einsehen, daß ihn seine eigene Erklärung nicht befriedigte: er verräth bei allen Gelegenheiten die Verlegenheit, in die ihn die Kiesel versetzen. Wenn er von Flüssen redet, welche dergleichen mit sich führen, (und wo gibt es

denn ſolche, die frei davon wären?) ſo erklärt er ſolche für unbezwingbar. In dem vierzehnten Kap. bemüht er ſich noch, begreiflich zu machen, warum die Flüſſe bei ihrer Mündung keine Kieſel führen. Er ſcheut ſich nicht, zu behaupten, daß ſich nie würde begreifen laſſen, wie das Waſſer, wenn man ihm auch eine noch ſo große Geſchwindigkeit zugeſtände, Kieſel auf einem horizontalen Boden wegführen könne. Es läßt ſich in der That nichts ſagen, das den erſten Grundſätzen der Mechanik ſo ſehr widerſpräche; man muß aber noch bemerken, daß Gulielmini ſchon behauptet hatte, die Kieſel würden nicht durch die Dämme zurückgehalten. Nach ihm können alſo die Waſſer, ſo ſchnell ſie auch immer ſein mögen, keine Kieſel über einen horizontalen Boden fortführen, und doch über eine Fläche, deren Neigung gegen den Strohm läuft.

Zendrini hat vieles über die Waſſerbaukunſt geſchrieben, und er hat noch heutiges Tags ein großes Gewicht in Italien. Dieſer Schriftſteller nimmt über die Geſchwindigkeit der Waſſer die Theorie des Gulielmini an. Die Fortführung des Geſteins iſt bei ihm eine bloße Folge von ihrer Geſchwindigkeit; er glaubt wie Viviani, das Gewicht der Materien, welche man in den Flußbetten antreffe, beſonders in ſolchen, die Abwechslungen unterworfen ſein, könne dienen, die Gewalt des Waſſers kennen zu lernen, und hierdurch das Gewicht der Materien, welche ſeiner Wirkung überlegen ſein. „Es iſt ge-

„nug,

„nug, sagt er, No. XLVI, wenn die Wasserbau„meister die Kraft des Wassers nach den ver„schiedenen Stellen des Strohms kennen; denn „diese ist in denen Gegenden, wo die Wasser „über Sand fließen, von denen, wo sie über „Gestein fließen, gar sehr verschieden: es müs„sen also die zur Befestigung der Ufer getroffenen „Anstalten den beigeführten Materien angemes„sen sein..... In der Nähe des Meeres dür„fen die Anlagen am schwächsten sein.„ In Ansehung der Wirkung der Wasserstemmungen hat Zendrini seine Vorstellungen vom Castelli entlehnt.

Ich will mich nicht dabei aufhalten, alle Irrthümer auszuzeichnen, welche man in den verschiedenen Werken, die in der zu Parma herausgekommenen Italiänischen Sammlung vorkommen, antrifft; sie haben alle einerlei Quelle; sie gründen sich alle auf die Lehren des Galiläus, Castelli, Viviani, Grandi und Guglielmini. Man kann die, welche den Meinungen derselben so ganz beigetreten sind, nur als Ausleger ansehen, welche die Lehren ihrer Führer bekannt machen. Man kann sie alle in einer Schrift des P. Lecchi, eines Jesuiten, über die Absonderung der Bäche Tradate, Guardeluso und Bozzenso beisammen finden; und bei Bestimmung der Gestalt, welche man den Bächen geben müsse, hat dieser Schriftsteller noch einige neue Lehren aufgestellt.

In allen Journalen ist die Schrift des P. Frisi von den Bächen und Flüssen mit den stärk-

ſten Empfehlungen angekündigt worden, und es ſind mehrere Ausgaben davon erſchienen. Die ausgezeichnete Achtung, die ſich dieſer Schriftſteller durch die Bearbeitung verſchiedener Materien zugezogen hatte, hat viel dazu beigetragen, ſeinem Werk von der Bewegung der Waſſer Anſehen zu verſchaffen; gleichwohl hat er ſich, wie alle ſeine Vorgänger, in der Beſtimmung der Art, wie ſich die Flüſſe ihr Bett machen, geirrt.

Nachdem er gewieſen hat, daß Gulielmini ſich in dem Gedanken, daß die Kieſel, bevor ſie das Meer erreichen, in Sand zerlegt würden, geirrt hatte, verfällt er ſelbſt in einen Irrthum, indem er für alle Kieſel einen gemeinſchaftlichen Urſprung angibt. Nachdem er über die Gewißheit der Gulielminiſchen Grundſätze von der Geſchwindigkeit fließender Waſſer Zweifel verbreitet hat, ſieht er ſie als Sätze an, welche durch die Erfahrung ſehr wohl beſtätigt würden; er nimmt ſie als richtig an, und gebraucht ſie in der Ausübung. Bei Gulielmini ſieht man, wie eine mächtige Kraft außerordentliche Wirkungen hervorbringt: alles iſt erdichtet, aber alles iſt einander angemeſſen.

In dem Werk des P. Friſi wird eine noch mächtigere Kraft zum Grund gelegt und angewendet, und in eben dem Augenblick hört man, daß ſolche nur Wirkungen hervorbringt, die wenig merklich ſind.

Die Vorſtellungen des Gennete ſind bekannt. Nach ſeiner Meinung nimmt die Geſchwindigkeit

keit der Flüsse beinahe in eben der Verhältniß zu, wie die Menge der beifließenden Wasser. Diese Behauptungen sind sehr sonderbar; wären sie richtig, so könnte offenbar niemalen eine Ueberschwemmung entstehen. Sie geben Resultate, die der Erfahrung und der Gulielminischen Theorie augenscheinlich widersprechen. Dieses hält dennoch den P. Frisi nicht ab, solche als richtig anzunehmen, und Erscheinungen zu erzählen, die sie zu bestätigen scheinen.

Viviani, Gulielmini, Grandi ꝛc. hatten behauptet, die Wasserstemmungen vermindern die Geschwindigkeit der obern Wasser, und bewirken nothwendig die Erhöhung des Betts bis zum Ursprung der Flüsse. Der P. Frisi tritt ihrer Meinung bei. Castelli, Zendrini, Lecchi ꝛc. behaupten, die Wasser werden in der Nähe des Abflusses der Wasserstemmungen beschleunigt, diese Beschleunigung lasse sich auf eine beträchtliche Strecke aufwärts bemerken, und man könne die fortgeführten Steine nicht zurückhalten, ohne die Wasserstemmungen sehr hoch zu machen. Der P. gibt gleichfalls ihrer Meinung Beifall; und welches sonderbar ist, grade in diesen beiden Fällen hat er sich geirrt.

Man hatte, die Meinung des Gulielmini zu unterstützen, behauptet, wofern die Kiesel nicht in Sand zerlegt würden, so müßten sich die Flußbette sehr schnell erhöhen. Der P. Frisi bemerkt hierauf, die Menge der Kiesel sei so beträchtlich nicht, als man sich einbilde; sie ver-

breiten ſich im ganzen Bett, und man verwende ſie zu Herſtellung der Wege und anderm Gebrauch.

Sobald aber die Rede von Anordnung ſolcher Flüſſe iſt, welche Kieſel führen, ſo ſcheint er nicht mehr ſo zu denken; er behauptet, wenn man ſie in grader Linie fortführe, ſo nöthige man die Waſſer, ihr Bett beträchtlich zu erhöhen und das Geſtein weiter fortzuführen. Dieſe Erfolge ſcheinen ihm ſo unausbleiblich, daß er keinen Anſtand nimmt zu behaupten, die Flüſſe, welche Kieſel führen, ſein unbezwingbar; man müſſe ſie laſſen, wie ſie ſind, ſie ſogar noch krümmer leiten, und ſie durch Waſſerſtemmungen verſperren, um ihren Grand in ihrem obern Theil zurückzuhalten.

Der P. Friſi ſchreibt die Geſchwindigkeit der Waſſer in den Flüſſen dem Gefälle des Betts, der lebendigen Höhe der Querſchnitte und dem Abhang der Oberfläche zu.

Wenn man die zwote Urſache nach den Vorſtellungen des Gulielmini betrachtet, ſo ſieht man, daß ſie weit wirkſamer wird als die erſte, wenn die Menge der Waſſer vergrößert wird. Es behauptet auch der P. Friſi, die Flüſſe hätten in dem untern Theil ihres Laufs eine ſehr beträchtliche Geſchwindigkeit, die groß genug wäre, daß ſolche immerfort Geſtein mit ſich führen könnten, wenn dergleichen aus den obern Gegenden bis dahin geführt worden wäre. Nach ihm wird die Geſchwindigkeit der Flüſſe nach ihrer Mün-

dung

dung hin immer gröſſer, und er ſchreibt dieſe Wirkung der Beſchleunigung zu, welche in der Mündung ſelbſten die Waſſer dadurch erhalten, daß ſie ſich ganz frei ins Meer ausbreiten können, da ſie um einige Fuße über deſſen Oberfläche erhaben ſind.

Ich will mich nicht länger bei einer Schrift aufhalten, deren Grundſätze ſchwankend und ſogar widerſprechend ſind, und deren praktiſcher Theil Regeln an die Hand gibt, deren Befolgung mit unendlicher Gefahr verknüpft wäre.

Bei Erwähnung der Werke der Italäniſchen Schriftſteller wollte ich mich anfangs auf eine kurze Zergliederung ihrer Theorie einſchränken; ich hätte alsdann in dieſer Abhandlung mit ſchnellern Schritten fortgehen können; aber das Anſehen, welches ſie erlangt haben, und der Vorwurf, den ich ſonſten befürchten müßte, daß ich ihnen keine Gerechtigkeit habe widerfahren laſſen, haben mich in die Nothwendigkeit geſetzt, ihnen, ſo zu reden, Schritt vor Schritt zu folgen. Da ſie inzwiſchen beinahe durchgängig einerlei Grundſätze angenommen haben, ſo glaubte ich die Pflicht eines Schriftſtellers erfüllt zu haben, wenn ich nur das vorzüglichſte Werk einer etwas ſtrengen Prüfung unterwürfe; bei den übrigen habe ich mich nicht weiter aufgehalten, außer wenn ich eine neue Wahrheit oder einen neuen Irrthum darin angetroffen habe. Hoffentlich werden mir die Leſer in Erwägung der angeführten Urſachen vergeben, daß ich ſie mit

den

den vorgelegten Auszügen so lange aufgehalten habe; vielleicht werden sie mir für die Mühe, die ich mir genommen habe, das Wichtigste aus dem angeführten Werk in die Kürze zusammen zu fassen, sogar noch danken. So lange übrigens die Wissenschaften noch nicht auf hinlängliche Gründe gebaut sind, besteht die Geschichte ihrer Fortschritte in nichts weiter, als in der Erzählung der verschiedenen Meinungen; so wie sie sich ihrer Vollkommenheit nähern, legen sie unvermerkt dieses Gewand ab, das ihren Glanz verdunkelte. Die verschiedenen Meinungen werden beleuchtet, die Irrthümer erkannt und die Wahrheit dargestellt.

Man kann die Schriftsteller, welche außerhalb Italien über die Hydraulik geschrieben haben, in zwo Klassen abtheilen. Die aus der einen haben nur allgemeine bloß spekulativische Theorien geliefert; die aus der andern, deren Zweck mehr die unmittelbare Anwendung auf nützliche Anstalten gewesen zu sein scheint, haben aus der Erfahrung Resultate hergeleitet, die sich mit Sicherheit annehmen ließen. Die erstern haben sich mehr um das Aneinanderketten geometrischer Wahrheiten, als um den Fortgang der Wissenschaft, die der Gegenstand ihrer Bemühungen war, verdient gemacht. Die Bemühung der letztern hat auf das Mißtrauen gegen das falsche Licht geführt, welches der Scharfsinn verbreitet hat, und die Dunkelheit des Wegs hin und wieder mit einigem Schimmer durchbrochen

chen, daß man ihm mit einiger Sicherheit folgen kann.

Unter dieſen verdient Hr. Mariotte 1) eine rühmliche Erwähnung. Seine Schrift über die Bewegung der Waſſer enthält eine Menge Erfahrungen, welche zur größern Vollkommenheit der praktiſchen Hydraulik vieles beigetragen haben.

Die Unterſuchungen des Hrn. Varignon über die Bewegung der Waſſer haben das vorzügliche Verdienſt, daß ſie die Werke des Gulielmini in Formeln gebracht, und hierdurch ihr Anſehen noch verſtärkt haben.

Die Werke des Hrn. Belidor bleiben gewiß immer lehrreich. Er hat durch die Beſchreibung einer Menge wichtiger und durch den Erfolg bewährt gefundener hydrauliſchen Anlagen einen koſtbaren Schatz geliefert. Gleichwohl verdient dieſer Schriftſteller nicht überall gleiches Vertrauen; und ſeiner Theorie, die mit der Gulielminiſchen einerlei iſt, darf man nicht beitreten.

Die größten Köpfe dieſes Jahrhunderts haben allgemeine Theorien über die Bewegung flüſſiger Maſſen geliefert; auf verſchiedenen Wegen ſind

1) Man muß es zu ſeiner Ehre ſagen, daß ihn die Theorie der Italiäniſchen Schriftſteller über die Bewegung fließender Waſſer nicht verführt zu haben ſcheint, und wenn er ſie nicht gradezu widerlegt hat, ſo hat er zum wenigſten durch ſeine mitgetheilten Beobachtungen ihre Schwäche bewieſen.

ſind ſie alle zu einerlei Reſultaten gekommen. Dieſe Uebereinſtimmung würde vielleicht einen Beweis von der Richtigkeit ihrer Reſultate abgeben, wenn ſie ſich nicht ſelbſten unter einander den Vorwurf gemacht hätten, daß ihre Wege mehr oder weniger in Dunkelheit verhüllt ſein: übrigens ſind ihre Formeln öfters geſchickter, den Geiſt in Verwunderung zu ſetzen, als ihn zu befriedigen, und in der Ausübung dienen ſie zu nichts. Inzwiſchen ſollte man dergleichen tiefgedachte Unterſuchungen nutzbar machen, und die Abweichungen angeben, welche die Natur bei der Bewegung flüßiger Maſſen, die man zu abſtract betrachtet hat, beobachtet. Hr. Abt Boſſüt, der den berühmteſten Geometern, die vor ihm waren, an die Seite geſetzt zu werden verdient, hat ihre Unterſuchungen näher erläutert; er hat ſich aber nicht damit begnügt, bloß ſpekulativiſche Wahrheiten vorzutragen, ſondern die Erfahrung dabei mit zu Rath gezogen, und in ſeiner Hydrodynamik unzählige Beweiſe ſeiner durchdringenden Einſichten gegeben.

Wenn man die neuen Schriftſteller, welche über die Hydraulik geſchrieben haben, nachlieſt, ſo ſieht man, ohngeachtet der verſchiedenen Formen, unter denen ihre Arbeiten zum Vorſchein gekommen ſind, leicht ein, daß ſie alle den Vorſtellungen des Dan. Bernoulli gefolgt ſind. Dieſe Bemerkung iſt ein Beweis von der großen Meinung, die man von ſeinen Talenten gehabt hat, und von dem Einfluß ſeiner Geiſteskraft

auf

auf die ſeiner Zeitgenoſſen. Es hat dieſem Gelehrten ohnſtreitig an nichts gefehlt, als an hinlänglichen Beobachtungen, um auf ſolchen ſeine tiefen mathematiſche Einſichten mit glücklichem Erfolg anzuwenden: aber das Gebäude, das er aufgeführt hat, ſtützt ſich zu viel auf hypothetiſche Begriffe; und die Reſultate, welche er findet, werden entweder nicht durch die Erfahrung beſtätigt, oder hängen von ganz andern Urſachen ab, als diejenigen ſind, welche er angewendet hat. Ich will einige Auszüge aus ſeiner Hydrodynamik mittheilen; dabei will ich einige kurze Bemerkungen beifügen, und ich werde mich nur bei vier wichtigen Punkten aufhalten, die ich habe abhandeln müſſen.

1) Von der Bewegung der Waſſer in Kanälen.

Dieſen wichtigen Abſchnitt der Hydraulik hat Hr. Bernoulli nicht behandelt, und er ſcheint die Theorie des Gulielmini angenommen zu haben. Er erklärt ſich über dieſen Italiäniſchen Schriftſteller ſo: „was die Alten 1) nur dunkel „und ohne gehörige Beſtimmungen erkannten, „hat Gulielmini in dem allgemeinen und beſtimmten Satz ausgedruckt, daß die Geſchwindigkeit des in einem abhängenden Kanal fließenden Waſſers mit derjenigen einerlei iſt, mit welcher es aus einem Gefäß durch eine Oefnung fließt, die den Querſchnitt gleich iſt, und ſo tief unter der Oberfläche des Waſſers liegt, als „der

1) S. 5.

„der Querſchnitt unter der Horizontallinie, wel„che durch den Anfang des Kanals geht.„

II) Geſetze der Geſchwindigkeit des Waſſers, das aus einem beſtändig vollen nicht vertikalen Zilinder auslauft.

„Das Waſſer im Gefäß 1) wird in den er„ſten Augenblicken eben ſo beſchleunigt, wie die „frei fallenden Körper: wenn die Oefnung un„endlich klein iſt, ſo gehört die Geſchwindigkeit „der ganzen Höhe des Gefäßes zu; wenn die „Oefnung dem Boden gleich iſt, ſo fällt das „Waſſer frei herab.„

„Die Geſchwindigkeit 2) wird deſto größer, „je kleiner die Oefnung iſt; aber dieſes verſteht „ſich nur, wenn dieſe Oefnung klein genug iſt, „daß ſich die Geſchwindigkeit ſo anſehen läßt, „als ob ſie durch den Fall von der Höhe des Ge„fäßes bewirkt würde. Wenn die Verhältniß „der Oefnung zum Boden $\frac{1}{12}$ iſt, ſo iſt die der „Geſchwindigkeit zugehörige Höhe $\frac{2}{100}$ von der „Höhe des Zilinders.„

Dieſe Reſultaten kommen denen, die man aus meiner Theorie findet, ſehr nahe.

„s' Graveſand 3) hatte beobachtet, daß, „wenn man an einem vertikalen zilindriſchen Ge„fäß eine vertikale Röhre anbringt, der Abfluß „des Waſſers vergrößert wird, und zwar um ſo „viel mehr, je mehr die untere Weite der Röhre „die

1) S. 37. 38. 2) S. 39. 3) S. 44.

„die obere, wo sie in das Gefäß eingesteckt ist, „übertreffe.„

Indem Hr. Bernoulli über diese Fälle Berechnungen anstellt, betrachtet er das Wasser in der Röhre und im Zilinder als eine einzige Masse; er schließt, das Wasser fließe aus einem Gefäß, in das man Röhren vertikal eingesteckt habe, nicht anders als aus einem Gefäß, dessen Höhe so groß wäre, wie die beiden Höhen des Gefäßes und der eingesteckten Röhren zusammengenommen. Ich habe in diesem Werk die Ursache angegeben, welche einen stärkern Ausfluß bewirkt, wenn Röhren eingesteckt werden; ich habe zugleich gewiesen, daß die Geschwindigkeit des Wassers, anstatt vergrößert zu werden, im Gegentheil nothwendig noch vermindert wird.

„Frontin 4) hatte versichert, wenn man an „ein zilindrisches vertikales Gefäß eine konische „horizontale Röhre anbrächte, so fließe das Was„ser aus derselben mit größerer Geschwindigkeit „heraus. Dieses wurde von den Neuern ge„leugnet; aber die Erfahrung stimmt mit Fron„tins Behauptung überein.„

Die Wirkung eingesteckter konischer Röhren bleibt einerlei; ihre Lage mag sein wie sie will: Der Ausfluß wird stärker, nicht aber die Geschwindigkeit.

III)

4) S. 57.

III) Geſetze der Bewegung für Waſſer, da aus beſtändig vollen Gefäßen auslauft.

5) „Es bedeute a die Höhe des Gefäßes „$\frac{n}{m}$ die Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bo „denfläche; ſo iſt die zur Geſchwindigkeit in de „Oefnung gehörige Höhe $= \frac{m^2 a}{m^2 - n^2}$, und di „Geſchwindigkeit, welche das Waſſer haben muß „durch deſſen Zufluß das Gefäß beſtändig au „einerlei Höhe voll erhalten wird $= \frac{n^2 a}{m^2 - n^2}$.“

Wenn man in der Formel $h = \frac{m^2 a}{m^2 - n^2}$ die Oefnung als unendlich klein annimmt, oder $n = o$ ſetzt, ſo erhält man $h = \frac{m^2 a}{m^2} = a$, welches mit der Erfahrung übereinſtimmt: je größer aber die Oefnung in Anſehung des Bodens wird, deſto größer muß vermöge der Formel die Geſchwindigkeit in der Oefnung ſein, und ſogar unendlich groß werden, wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich wird. Dieſe Folgen ſind von der Wahrheit ſo weit entfernt, daß ich es nicht begreifen kann, wie man einer ſolchen Theorie ſo allgemein hat beitreten können: wäre ſie richtig, ſo wäre zu Errichtung hoher Springwerke

5) S. 95.

werke nichts weiter nöthig, als ein beträchtlicher Wasservorrath, und dieser braucht nicht gar hoch über der Stelle zu liegen, wo das Aufsatzstück am Springrohr angebracht ist.

Wenn Hrn. Bernoullis Formeln die Wirkungen nicht so angeben, wie sie in der That erfolgen, so scheint dieses von seiner angenommenen Voraussetzung herzurühren, daß das Wasser in dem beständig vollen Gefäß bald in den Beharrungsstand tritt.

Man sieht leicht, daß, wenn die Oefnung dem Boden gleich ist, die Bewegung nicht eher gleichförmig werden kann, als bis die Geschwindigkeit in Ansehung derjenigen, welche die Schwere bewirken könnte, unendlich groß wird. Aber ist es denn in eben diesem Fall unmöglich, das Gefäß beständig voll zu erhalten, ohne daß die Geschwindigkeit von der, welche die Schwere hervorbringen könnte, verschieden sei? gewiß nicht, und ich zeige, wie dieses möglich ist. In andern Fällen, wo nämlich die Oefnung kleiner als der Boden ist, folgt das Wasser im Gefäß der veränderten Schwerkraft, und die in gegebener Zeit auslaufende Wassermenge ist die nämliche, als wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich wäre, und das Wasser ganz frei einer beschleunigenden Kraft folgte, die leicht zu bestimmen, und desto schwächer ist, je kleiner die Oefnung wird. In allen Fällen aber muß die Bewegung des Wassers im Gefäß ungleichför-

mig sein, weil die Gleichförmigkeit kein Erfolg einer beschleunigenden Kraft sein kann.

IV) Von der Rückwirkung des Wassers, indem es aus Gefäßen lauft, und seiner Wirkung auf Flächen, gegen die es anstößt.

„Newton 1) hatte in der ersten Ausgabe „seiner Princip. math. pag. 332. behauptet, das „Wasser wirke bei seinem Abfluß aus einem Ge„fäß, gegen solches auf eben die Art, wie eine „Stückkugel auf das Geschütz, aus welchem sie „abgeschossen wurde.„

„Die Gewalt, mit der ein Gefäß rückwärts „gestoßen wird, es mag sich nun die Oefnung „im Boden oder in den Seitenwänden befinden, „ist dem Gewicht einer Wassersäule gleich, wel„cher den zusammengezogenen Wasserstrahl zur „Grundfläche, und die Höhe von der Oberfläche „des Wassers bis zur Oefnung doppelt genom„men zur Höhe hätte.„

„Die Gewalt, mit der das aus einem Ge„fäß laufende Wasser auf eine Fläche wirkt, „gleicht dem Gewicht einer Wassersäule, die dem „zusammengezogenen Strahl zur Grundfläche, „und die Höhe der Oberfläche des Wassers im „Gefäß über der Oefnung doppelt genommen „zur Höhe hätte.„

Die Bestimmung der letztern Gewalt hat ihre Richtigkeit, wenn die Oefnung klein ist; sie grün-

1) S. 278.

gründet sich auf die Theorie, und wird durch die Erfahrung bestätigt; aber in Ansehung der Wirkung und Bestimmung der andern Kraft kann man der Meinung des Hrn. Bernoulli nicht beitreten.

Man gedenke sich den Umfang einer horizontalen Schichte in einem mit Wasser angefüllten zilindrischen oder prismatischen Gefäß; so leiden alle in diesem Umfang in gleicher Lage befindlichen Theilchen gleichen Druck; es leiden also gleiche horizontal entgegengesetzte Stellen gleiche Gewalt. Wenn man aber von zwo gleichen und horizontal entgegengesetzten Stellen die eine eröfnet, so daß das Wasser frei ablauft, dabei aber immer auf einerlei Höhe erhalten wird, so muß der Druck, welcher auf die der Oefnung entgegengesetzte Stelle ausgeübt wird, demjenigen gleich sein, welcher erfolgen würde, wenn das Wasser ruhig stände: bloß dieser Druck kann also gegen das Gefäß eine Rückwirkung verursachen.

Es ist gar kein Zweifel, daß die Kraft, mit der das Gefäß nach einer der Oefnung entgegengesetzten Richtung gestoßen wird, desto schwächer ist, je größer die Oefnung ist; denn wenn diese Oefnung eben den Druck litte, wie die ganze Bodenfläche, so müßte das Wasser von diesem Augenblick an in dem Gefäß frei herabfallen, und seine Wände litten also gar keinen Druck mehr.

Es ist überdas ausgemacht, daß ein mit Wasser angefülltes Gefäß nur insoweit nach einer der Oefnung entgegengesetzten Richtung gestoßen werden kann, als die Oefnung horizontal ist. *) Diese Wirkung rührt von der äußersten Bewegbarkeit der flüßigen Theile her, vermöge der die Schwere auf solche seitwärts mit eben der Kraft wirkt, wie in der vertikalen Richtung; ist aber die Oefnung im Boden eines Gefäßes angebracht, so wird nach der dieser Oefnung entgegengesetzten Richtung kein Druck ausgeübt, weil die Schwere nicht von unten hinauf wirken kann.

So würde es sich nicht verhalten, wenn das Gefäß, anstatt mit Wasser angefüllt zu sein, mit einer elastischen flüßigen Masse angefüllt wäre: in diesem letzten Fall könnte das Gefäß nach allen Seiten hin einen Rückstoß leiden, und dieser müßte allemal nach einer der Oefnung entgegengesetzten Richtung erfolgen. Da aber diese Fälle nicht mit einander verglichen werden können, so that Newton sehr wohl, daß er in der zwoten Ausgabe seiner Princip. unterdruckte, was er in der ersten behauptet hatte; denn man kann nicht sagen, daß das Wasser bei seinem Ausfluß aus einem Gefäß auf eben die Art gegen dieses Gefäß zurückstoße, wie die Rückkugel auf den Rückstoß des Geschützes wirkt, weil das Geschütz bei jeder Lage im Ausfahren der Kugel einen

*) Sollte heißen: vertikal ist.

den Rückſtoß leidet, und der Rückſtoß in einem Gefäß nicht ſtatt hat, wann die Oefnung vertikal iſt; *) man kann übrigens niemalen ſagen, das Waſſer ſtoße im Auslaufen gegen das Gefäß zurück; dieſe Ausdrücke müſſen nothwendig zu falſchen Begriffen Anlaß geben.

Hr. v. Buat hat 1780. eine Schrift über die Flüſſe bekannt gemacht, worin er neue Grundſätze angewendet hat; er beweißt recht gut, daß in den verſchiedenen Stellen eines Fluß-Querſchnitts, wenn durch jeden Querſchnitt gleiche Waſſermenge fließt, das Waſſer einerlei Geſchwindigkeit haben muß, und daß der Satz des Gulielmini, der ſich auf die von der Höhe der lebendigen Waſſer bewirkte Geſchwindigkeit beziehet, völlig erdichtet ſei. 1) Gleichwohl kannte dieſer Schriftſteller nicht die Geſetze des freien Abfluſſes am Ende der Kanäle, wenn das Waſſer darin immer auf einerlei Höhe erhalten wird; er hat in dieſem Fall, wie bei dem Ausfluß durch kleine Oefnungen, das Torricelliſche Geſetz angenommen.

*) Sollte heißen: horizontal iſt. Oder man müßte hier und im vorigen Fall ſtatt Oefnung leſen: Richtung des Strahls in der Oefnung.

1) Ich hatte ſchon 1778. in einer der Akademie zu Lyon vorgelegten Denkſchrift, die einen Preis erhielte, die nämliche Bemerkung gemacht.

Hr. v. Buat hat die Bewegung der Waſſer in den Flußbetten durch einfache Formeln vorgeſtellt: gibt aber die Theorie, welche er aufſtellt, Reſultate, welche mit der Erfahrung übereinſtimmen? Man weiß, daß dieſes der Prüfſtein iſt, welcher unterſcheidet, ob mathematiſche Schlüſſe, auf phyſiſche Gegenſtände angewendet, einiges Vertrauen verdienen.

Wenn die Flüſſe auf eine etwas beträchtliche Strecke einerlei Breite, Gefälle und Tiefe behielten, und wenn man annimmt, daß man den Einfluß eines jeden Elements auf die Bewegung der Waſſer kennen gelernt habe, ſo würde ſich daraus eine vollſtändige Theorie herleiten laſſen, und man könnte alle Fragen über dieſen Gegenſtand leicht beantworten; allein es iſt weit gefehlt, daß man eine ſo große Gleichheit in den Flüſſen bemerken ſollte; ihre Breite, Tiefe und Gefälle wechſeln beſtändig ab; ihre Geſchwindigkeit hat niemalen einerlei Größe, nicht nur in verſchiedenen Gegenden ihres Laufs, ſondern auch an einer und eben derſelben Stelle. Man bemerkt überall nach der Breite des Fluſſes

eine

eine Menge ganz verschiedener einzelner Strohmstriche, die Wasser mögen hoch oder niedrig stehen; sogar ist in diesem letztern Zustand der Unterschied der Geschwindigkeiten merkbarer, und der Hauptstrohm unterscheidet sich von den übrigen durch eine größere Höhe.

Wenn, nach der physischen Beschaffenheit der Dinge, bei den Flüssen nichts Einförmiges bemerkt werden kann, so müssen die Formeln, welche zu Bestimmung ihres Laufs dienen sollen, nothwendig, dafern sie passend sein sollen, alle merkbare Irregularitäten mit anzeigen. Man sieht leicht, daß eine solche Theorie nicht genau sein kann, ohne zugleich äußerst verwickelt zu sein, und daß sie destomehr an der Richtigkeit und Genauigkeit verliehren müsse, je einfacher sie eingerichtet wird. Wenn man z. B. die Theorie des Hrn. v. Büat annimmt, und voraussetzt, man könne aus der Breite, der Tiefe und dem Gefälle eines Flusses seine Geschwindigkeit finden, so will ich nur fragen, ob die durch die Formel gegebene Geschwindigkeit, die des Hauptstrohms oder eine von denen ist, welche zwischen der größten und kleinsten liegt. Es ist leicht zu

fläche immer in horizontaler Lage bleibe; ich habe also alle seine Theile so betrachtet, als ob sie durchaus einerlei Geschwindigkeit hätten, und zusammen eine einzige Masse ausmachten. Diese Geschwindigkeit wird durch die Schwere bewirkt; aber man mußte bestimmen, wie diese Kraft abgeändert wird: es war leicht einzusehen, daß ihre Wirkung auf die Verhältniß der Oefnung gegen den Boden ankam, und daß die Bewegung des Wassers in einem beständig voll erhaltenen Gefäß mit der freien Bewegung längst einer schiefen Ebene verglichen werden könne. Ruht z. B. der fünfte Theil vom Gewicht des Wassers auf dem Boden, so gedenke ich mir eine dergleichen Anzahl von Schichten, die denen im Gefäß enthaltenen gleich sind, so über eine schiefe Fläche gelegt, daß diese Fläche den fünften Theil ihres Gewichts zu tragen hat. In diesen beiden Fällen leidet die Schwerkraft gleiche Aenderung, und die Bewegung des Wassers muß also auf einerlei Art erfolgen. Die Wirkung der veränderten Schwerkraft muß für die Zeit angegeben werden, die ein schwerer Körper braucht, von der Höhe des Gefäßes frei herab-

zu-

zufallen. Die Wassermenge, welche in dieser Zeit aus dem Gefäß lauft, wird durch die Tiefe bestimmt, um welche der Querschnitt, welcher am Anfang der Zeit der höchste war, gesunken ist. Um die Geschwindigkeit des durch die Oefnung laufenden Wassers zu erfahren, muß man die Höhe, von der das Wasser im Gefäß herabgesunken ist, in der Verhältniß vergrößern, in welcher der Boden größer ist, als die Oefnung.

Eine einfache Formel begreift alle Fälle unter sich. Wenn der Boden weggenommen wird, so fällt das Wasser ganz frei durch die Oefnung herab; und wenn die Oefnung unendlich klein ist, so ist die Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers derjenigen gleich, welche durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes herab bewirkt würde; dieses stimmt mit dem berühmten Torricellischen Lehrsatz überein.

Nachdem ich zur Erläuterung und Einschränkung dieser Theorie einige Bemerkungen beigefügt habe, so habe ich alle Anwendungen davon gemacht, deren sie fähig ist; ich habe es versucht, sie auch auf den Fall anzuwenden, wo der Ausfluß durch lothrechte Oefnungen erfolgt:

und ich bin der Erste, der die Bemerkung gemacht hat, daß es bei einem horizontalen regulären Kanal, aus welchem der Abfluß durch Oefnungen erfolgt, die in einer an seinem einen Ende vertikal aufgestellten Wand angebracht sind, einen Fall gibt, der mit dem überein kommt, wo der Boden in den vertikalen Gefäßen weggenommen wird, und daß dieser Fall eintritt, wenn man die Schutzwand wegnimmt, welche den Ausgang des Kanals verschlosse; es fällt alsdann alles Wasser, deren Druck die Schutzwand auszuhalten hatte, frei herab; es hatte aber diese Wand nur ein Gewicht zurückzuhalten, so groß als das Gewicht einer Wassermasse, welches die Wand zur Grundfläche und die halbe Höhe der Wand zu ihrer Höhe hätte. Dieser Fall gleicht also dem bei einem vertikalen Gefäß, das die Fläche der Schutzwand zur Bodenfläche, und $\frac{1}{2}$ von der Höhe der Schutzwand zur Höhe hätte; es beträgt aber alsdann die auslaufende Wassermenge nur die Hälfte von derjenigen, welche die alte Theorie verspricht. Der Unterschied war so beträchtlich, und es war so viel daran gelegen, über diesen

Punkt

zufallen. Die Wassermenge, welche in dieser Zeit aus dem Gefäß lauft, wird durch die Tiefe bestimmt, um welche der Querschnitt, welcher am Anfang der Zeit der höchste war, gesunken ist. Um die Geschwindigkeit des durch die Oefnung laufenden Wassers zu erfahren, muß man die Höhe, von der das Wasser im Gefäß herabgesunken ist, in der Verhältniß vergrößern, in welcher der Boden größer ist, als die Oefnung.

Eine einfache Formel begreift alle Fälle unter sich. Wenn der Boden weggenommen wird, so fällt das Wasser ganz frei durch die Oefnung herab; und wenn die Oefnung unendlich klein ist, so ist die Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers derjenigen gleich, welche durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes herab bewirkt würde; dieses stimmt mit dem berühmten Torricelliſchen Lehrsatz überein.

Nachdem ich zur Erläuterung und Einschränkung dieser Theorie einige Bemerkungen beigefügt habe, so habe ich alle Anwendungen davon gemacht, deren sie fähig ist; ich habe es versucht, sie auch auf den Fall anzuwenden, wo der Ausfluß durch lothrechte Oefnungen erfolgt:

das Waſſer Hinderniſſen begegnet, hat man bemerkt, daß die Geſchwindigkeit in der gröſsten Tiefe unter der Oberfläche am gröſsten iſt. Es iſt alſo die durch Beobachtungen gefundene mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers in den horizontalen Kanälen beträchtlich geringer, als die mittlere Geſchwindigkeit in der Oefnung, welche die Gulielminiſche Theorie gibt; man findet daher den Ausfluß durch die Oefnung nach der Beſtimmung dieſes Schriftſtellers viel zu groß.

Ich habe von meinen Unterſuchungen alle Gegenſtände ausgeſchloſſen, die nicht einigen Nutzen haben; und unter denen, womit ich mich beſchäftigt habe, finden ſich einige, die nicht ſo durchgearbeitet ſind, wie ſie es verdienen: ich werde aber meine Bemühungen fortſetzen, wenn ſie einiger Aufmunterung hierzu werth ſind.

Inhalt

Erſtes Kapitel. Hydroſtatiſche Grundlehren. S. 1

Zweites Kapitel. Grundlehren der Hydraulik.

1. Abſchnitt. Geſetze der Geſchwindigkeit des Waſſers, das aus einem graden zilindriſchen oder prismatiſchen Gefäß, welches beſtändig gleich voll erhalten wird, durch eine im Boden angebrachte Oeffnung auslauft. 6

2. Newtons, Mac-Laurins, Bernoullis u. a. Theorien mit beigefügten Bemerkungen. 21

3. Geſetze für den Ausfluß des Waſſers aus einem graden zilindriſchen oder prismatiſchen Gefäß, das ſich durch eine im Boden angebrachte Oefnung ausleert. S. 57

4. Eine andere Methode, den Ausfluß des Waſſers aus graden prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen mit Bodenöfnungen zu unterſuchen. 62

5. Geſetze der Geſchwindigkeit des Waſſers, wenn ſolches aus einem Gefäß auslauft, das aus zweien andern graden prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen von ungleichem Durchmeſſer, die beide mit einander verbunden ſind und beſtändig voll bleiben, zuſammengeſetzt iſt. 72

6. Geſetze für die Geſchwindigkeit des Waſſers aus der Oefnung im Boden eines Gefäßes, das weder zilindriſch noch prismatiſch iſt, aber beſtändig voll erhalten wird. 77

7. Geſetze für die Geſchwindigkeit des Waſſers, wenn ſolches aus ſchief geſtellten prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen abfließt. 83

8. Von der Bewegung des Waſſers durch Röhrenleitungen. 94

9. Von den Springwerken. S. 119

10. Von den Springwerken, wo der Strahl schief steigt. 149

11. Vom Druck des Wassers im Stand des Gleichgewichts und der Ruhe. 153

12. Vom Druck des Wassers im Stand der Bewegung. 156

13. Gesetze der Geschwindigkeit für Wasser, welches durch große Oefnungen in lothrechten Wänden abschießt, und Prüfung der Theorie, welche andere hydraulische Schriftsteller gegeben haben. 169

14. Von der Vertheilung der Wasser. 199

15. Von der Dicke, welche man den Röhrenwänden geben muß, damit sie den Druck des Wassers anhalten können. 204

16. Gesetze für den Ausfluß des Wassers, welches am Ende eines wagrechten Kanals einen freien Abfluß hat. 207

17. Von den merkwürdigsten Erscheinungen bei dem Ausfluß des Wassers durch wagrechte und geneigte Kanäle. 229

§ 8. Von der Bewegung des Waſſers in horizontalen oder nur wenig abgeneigten Kanälen, welche am Ende in Behälter ausgehen, und bei deren Ausgang das Waſſer nicht frei herabfällt. S. 233

§ 9. Von der Bewegung des Waſſers in Kanälen, bevor die ganze Bewegung darin in den Beharrungsſtand gelangt iſt. 234

§ 10. Von der Vereinigung des Waſſers aus verſchiedenen Kanälen in einen einzigen. 234

§ 11. Von dem Einfluß, den die Veränderung der Richtung eines Kanals auf die Geſchwindigkeit des Waſſers hat. 264

§ 12. Von der Ableitung des Waſſers aus einem einzigen Kanal in mehrere. 265

§ 13. Mittel, welche verſchiedene Schriftſteller vorgeſchlagen haben, die Geſchwindigkeit fließender Waſſer zu meſſen. 268

Drittes Kapitel. Von den Flüſſen.

1. Abſchnitt. Von Entſtehung der Flüſſe. 278

2. Von den Quellen. 282

9. Von den Springwerken. . . . . S. 119

10. Von den Springwerken, wo der Strahl ſchief ſteigt. 149

11. Vom Druck des Waſſers im Stand des Gleichgewichts und der Ruhe. 153

12. Vom Druck des Waſſers im Stand der Bewegung. 156

13. Geſetze der Geſchwindigkeit für Waſſer, welches durch große Oefnungen in lothrechten Wänden abſchießt, und Prüfung der Theorie, welche andere hydrauliſche Schriftſteller gegeben haben. 169

14. Von der Vertheilung der Waſſer. . . . 199

15. Von der Dicke, welche man den Röhrenwänden geben muß, damit ſie den Druck des Waſſers aushalten können. 204

16. Geſetze für den Ausfluß des Waſſers, welches am Ende eines wagrechten Kanals einen freien Abfluß hat. 207

17. Von den merkwürdigſten Erſcheinungen bei dem Ausfluß des Waſſers durch wagrechte und geneigte Kanäle. 229

16. Von der Mündung der Flüsse. S. 481

17. Von der besten Art, Bäche und Flüsse in einer verlangten Bahn zu führen. 490

18. Von der Vereinigung und Absonderung der Bäche und Flüsse. 514

19. Von den Ueberschwemmungen. 516

20. Von der größten Wassermenge, die ein Ableitungskanal fortführen kann. 522

21. Vom Austrocknen der Sümpfe. 527

22. Von den Brücken. 530

23. Von den Dämmen. 533

24. Von den hydraulischen Maschinen. 549

Neue

Neue Theorie der Hydraulik.

Erſtes Kapitel.
Hydroſtatiſche Grundlehren.

1.

Die Geſetze der Hydroſtatik ſind ſo bekannt, ſo ſo unveränderlich und durch die Erfahrung ſo ſehr beſtätigt, daß ich es für gut befunden habe, die Beweiſe, welche die Mechaniker davon geben, hier wegzulaſſen. Wer ſie zu wiſſen verlangt, wird ſich hierzu am beſten der Werke des Hrn. d'Alembert oder des Hrn. Abts Boſſüt bedienen. *)

2. Er-

*) Traité des Fluides de M. d'Alembert, und Traité theorique & experimental d'hydrodynamique par M. l'Abbé Boſſut à Paris 1786. Unter den Deutſchen verdienen die Schriften des Hrn. Hofrath Käſtners, Hrn. Hofrath Karſtens und Hrn. Lamberts Beiträge zum

2. Erſtes Geſetz. Die Oberfläche ruhig ſtehenden Waſſers iſt mit dem Horizont gleichlaufend.

3. Zweites Geſetz. Die obern Theile des Waſſers drucken auch die untern; oder wie ſich viele Phyſiker ausdrucken, das Waſſer druckt in ſich ſelbſt oder auf ſich ſelbſt.

Dieſer Satz hat ſeine Richtigkeit; man kann ihn durch eine Menge von Verſuchen beweiſen; inzwiſchen kann der von Phyſikern dießfalls angeſtellte zu Begründung dieſes Satzes nicht gebraucht werden. Man finder ſolchen von denen Herren Deſaguliers, Abt Nollet, Cotes, Sigaud de la Fond ꝛc. angeführt. Es ſey nämlich an einem Arm einer Waage eine mit einem Hahn verſchloſſene leere Flaſche C (fig. 2.) angebracht, die ſich in das mit Waſſer angefüllte Gefäß V ganz eintauchen kann, und die mit einem Gegengewicht P ins Gleichgewicht gebracht worden; wenn man nun hiernächſt den Hahn B eröfnet, ſo daß ſich die Flaſche anfüllt, ſo wird das Gleichgewicht aufgehoben, und man muß, um ſolches wieder herzuſtellen, bei P noch ein Gewicht zulegen, das dem Gewicht des in die Flaſche gedrungenen Waſſers gleich iſt. Die angeführten Schriftſteller ſchließen hieraus, das Waſſer äußere im Waſſer das nämliche Gewicht, wie in der Luft. Wenn aber dieſer Schluß richtig wäre, ſo würde daraus folgen, daß man,

Gebrauch der Mathematik, 2. Th. 2. Abſchn. vorzüglich empfohlen zu werden. Die neueſte über dieſen Gegenſtand erſchienene Schrift iſt mein Verſuch einer neuen Theorie hydrodynamiſcher und pyrometriſcher Grundlehren, Frankfurt und Leipzig 1787.

man, um in einem Brunnen einen Eimer voll Waſſer zu halten, eben die Kraft anwenden müßte, als wenn dieſer Eimer nicht mehr im Brunnen untergetaucht wäre; denn alles iſt in beiden Fällen einerlei; dieſes iſt aber falſch.

Die Erklärung dieſes Verſuchs beruht auf einem andern Satz, darauf nämlich, daß jeder im Waſſer untergetauchte Körper ein Gewicht verliehrt, das ſo groß iſt, als das Gewicht des durch den Körper aus ſeiner Stelle getriebenen Waſſers. Man gedenke ſich nur ſtatt der Flaſche einen Kubikfuß von irgend einer Materie, z. B. von Blei, ſo ausgehölt, daß der leere Raum einen halben Kubikfuß betrage. Wenn man nun die Mündung dieſes neuen Gefäßes verſchließt, und das Gefäß ins Waſſer taucht, ſo verliehrt es von ſeinem Gewicht ſo viel, als das Gewicht des dadurch aus ſeiner Stelle getriebenen, d. i. etwa 70 ℔. *) Wenn man aber das Gefäß eröfnet, und dem Waſſer verſtattet, den vorhinigen leeren Raum wieder anzufüllen, ſo beträgt

als

*) Es iſt nämlich hier und überall in der Folge von Pariſer Fußen die Rede. Ich bemerke hier gleich zum voraus, daß der Hr. Verf., wie Belidor und mehrere franzöſiſche Schriftſteller gethan haben, in der Folge die Höhe des freien Falls ſchwerer Körper in der erſten Sekunde allemal = 15 Fuß ſetzt, da er hingegen genauer ausgedruckt, = 15,096 Fuß geſetzt werden ſollte. ſ. Hrn. Hofr. Käſtners Hydrodynamik, S. 98. Ich tadele inzwiſchen dieſe Abkürzung des Hrn. Verf. um ſo weniger, als es gewiß iſt, daß die abgekürzte Zahl überall in der Anwendung auf die Bewegung des Waſſers richtigere Reſultate gibt, als die vollſtändige 15,096. Ich erin-

alsdann die Masse des Gefäßes statt eines ganzen Kubikfußes offenbar nur noch einen halben Kubikfuß. Da es nur halb soviel Wasser als vorhin aus seiner Stelle treibt, so wird es jezt im Wasser mehr wiegen, um soviel, als ein halber Kubikfuß Wasser wiegt; man wird also zur Wiederherstellung des Gleichgewichts das Gewicht P um soviel vergrößern müssen.

Hier rührt das durch das zugelegte Gewicht entstandene Gleichgewicht nicht von dem im Gefäß eingeschlossenen Wasser her, sondern vielmehr davon, daß die nämliche Masse des Gefäßes nichts verliehrt.

Wenn die Flasche des Desaguliers ꝛc. nicht mit Wasser angefüllt ist, so nimmt sie in der Flüßigkeit, worin sie eingetaucht ist, einen größern Raum ein, als ihre Masse wirklich ausfüllt; ist sie aber angefüllt, so ist ihre Masse genau der Wassermasse gleich, die sie aus ihrer Stelle treibt; was sie also in diesem leztern Zustand weniger von ihrem Gewicht verliehrt, ist dem Gewicht des eingeschlossenen Wassers gleich, und eben darum muß man auch das Gewicht P um eben soviel vergrößern.

4. Drittes Gesetz. Der Druck der obern Theile auf die untern äußert sich auf gleiche Weise nach allen Seiten und allen möglichen Richtungen, seitwärts, horizontal, schief und senkrecht.

5. Vier-

nere über das, daß ich statt Toisen in der Folge allemal das deutsche Wort Lachter gebraucht habe, daß also hier eine Lachter allemal eine Länge von 6 Pariser Fußen bedeutet.

5. Viertes Geſetz. Boden und Wände eines Gefäßes werden eben ſo gedruckt, wie das Flüßige, das es enthalten.

6. Fünftes Geſetz. Wenn ein ſchiefes Gefäß von die Grundfläche und Höhe hat, wie ein ſenkrechtes, ſo werden beider Gefäße Böden auf gleiche Art gedruckt.

7. Sechſtes Geſetz. Ueberhaupt mag die Gestalt eines Gefäßes, wie ſie will ſein, ſo iſt allemal der Druck auf den Boden ſo groß, als das Gewicht einer Waſſerſäule, deren Grundfläche der Boden des Gefäßes, und deren Höhe der vertikal Abſtand des Waſſerſpiegels vom Boden des Gefäßes iſt.

8. Siebentes Geſetz. Feſte Körper, welche eine größere ſpecifiſche Schwere haben, als das Waſſer, ſinken im Waſſer ganz unter; ſie verliehren aber darin einen Theil ihres Gewichts, der ſo groß iſt als das Gewicht des aus ſeiner Stelle getriebenen Waſſers.

9. Achtes Geſetz. Feſte Körper, welche eine geringere ſpecifiſche Schwere haben, als das Waſſer, gehen nur zum Theil darin unter, und der eingetauchte Theil beſtimmt die Waſſermaſſe, welche mit ſolchen Körper einerlei Gewicht hat.

Zweytes Kapitel.

Grundlehren der Hydraulik.

Erſter Abſchnitt.

Geſetze der Geſchwindigkeit des Waſſers, da aus einem graden zilindriſchen oder prismatiſch Gefäß, welches beſtändig gleich voll erhalten wir durch eine im Boden angebrachte Oefnung au lauft.

10.

Es ſei ABCD (fig. 3.) ein grades zilindriſches od prismatiſches Gefäß, das beſtändig gleich voll halten wird, ſo daß der Waſſerſpiegel von der Horizo talfläche nie merklich abweiche, die Größe der Oefnu bei l mag wie man will beſchaffen ſein.

Die ganze Grundfläche CEDF will ich die gan Bodenfläche nennen. Das im Boden befindliche Au flußloch ſoll die Mündung oder Oefnung, und d Differenz zwiſchen dieſer Mündung und dem Waſſerb den ſoll das Bodenſtück heißen.

11. Wenn die ganze Bodenfläche kein Loch hät ſo würde er ein Gewicht zu tragen haben, ſo groß a das Gewicht des im Gefäß befindlichen Waſſers, u die horizontalen Querſchnitte des Waſſers würden ein Druck leiden, ſo groß als das Gewicht aller höher l genden Waſſerſchichten zuſammen genommen. We hingegen die ganze Bodenfläche plözlich vernichtet wi

de, so würde der Druck sogleich aufgehoben; alle Querschnitte würden auf einmal und auf gleiche Art nach den Wirkungen der Schwere niedersinken; und das Wasser, welches sich, bevor es den Wirkungen der Schwere folgte, im Gefäß befand, würde in der nämlichen Zeit abgelaufen sein, welche nach der Voraussetzung, daß die Höhe des freien Falls schwerer Körper in 1 Sek. 15 Fuß betragen, erfordert würde.

12. Es ist klar, daß niemalen eine größere Wassermenge im Boden des Gefäßes ablaufen könne, als wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich ist, weil alsdann die ganze Wassermasse völlig frei und ungehindert den Eindrücken der Schwere folgt. Man sieht auch, daß, wenn man nach und nach die Oefnung in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche kleiner macht, alsdann in einerlei Zeit immer geringere Wassermengen auslaufen. Was aber hiebei eine vorzügliche Aufmerksamkeit und Untersuchung der Gründe verdient, ist dieses, daß die Geschwindigkeit des auslaufenden Wassers immer um soviel kleiner wird, je größer die Oefnung ist.

13. Wir setzen hier Leser voraus, denen die Gesetze der Bewegung auf schiefen Flächen bekannt sind. Diese wissen, daß, wenn DF (fig. 4.) die absolute Kraft der Schwere eines von einer schiefen Fläche AC unterstützten Körpers vorstellt, diese Kraft in zwo andere von eben der Art, nämlich in zwo beschleunigende, zerlegt werden kann: die eine DE, welche auf die schiefe Ebene senkrecht ist, und von solcher aufgehoben wird; die andere EF deren Wirkung längst der schiefen Ebene erfolgt. Die beiden Kräfte DF und DE als bekannt angenommen, gibt sich auch die dritte $EF = \sqrt{(DF^2 - DE^2)}$

Weil aber eben die Waſſermenge in der nämlichen Zeit durch die Oefnung ſchießen muß, die nur $\frac{29}{30}$ von der ganzen Bodenfläche beträgt, und die Höhen gleich großer Zilinder ſich umgekehrt wie ihre Grundflächen verhalten, ſo muß man, um die Höhe des durch die Oefnung ſchießenden Waſſerzilinders zu erhalten, die Zahl $14\frac{177}{180}$ noch mit $\frac{30}{29}$ multipliciren, und ſo ergibt ſich dieſe Höhe $= 15\frac{1}{2}$ Fuß. *)

15.

d. i. nicht $= 14\frac{177}{180}$, ſondern $= 2 \cdot 14\frac{177}{180} = 29\frac{174}{180}$ Fuß, alſo die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes $= \frac{30}{29} \cdot 29\frac{174}{180} = 31$ Fuß, wofür der Hr. Verf. ganz falſch $15\frac{1}{2}$ Fuß ſetzt.

*) Nach des Hrn. Verf. Vortrag folgt alſo: wenn ein 15 Fuß hohes gleichweites Gefäß beſtändig angefüllt erhalten wird, ſo ſchieſt in dem Fall, wo die Oefnung $\frac{29}{30}$ der ganzen Bodenfläche beträgt, in 1 Sekunde eine Waſſerſäule in der Dicke der Oefnung von der Höhe von $15\frac{1}{2}$ Fuß aus dem Gefäß, und die gleich folgenden Formeln dienen, eben dieſes Verfahren auf jedem andern Fall anzuwenden. Allein des Hrn. Verf. kurze Vorſtellungsart erſchöpft die Sache noch lange nicht, und führt daher auf Reſultate, die in der Ausübung gar nicht ſtatt finden. Wenn auch in der erſten Sekunde eine $15\frac{1}{2}$ Fuß hohe Waſſerſäule abſchieſt, alſo nach Verfluß einer Sekunde, das Waſſer im Gefäß eine Geſchwindigkeit hat, die $= 2 \cdot 14\frac{177}{180} = 29\frac{174}{180}$ Fuß iſt, ſo muß, daferne das Gefäß beſtändig gleich voll erhalten werden ſoll, am Ende der erſten Sekunde das Waſſer, welches zur Erſetzung des Abgangs beſtändig zufließt, mit einer Geſchwindigkeit von $29\frac{174}{180}$ Fuß auf die Oberfläche des Gefäßes fallen, und dieſe Geſchwindigkeit von $29\frac{174}{180}$ Fuß, womit das Waſſer in das Gefäß tritt, muß nun nicht nur bleiben, ſondern durch den noch folgenden Fall im

Gefäß

15. Wir müſſen nun auf eine allgemeine Art die Waſſermenge anzugeben ſuchen, die bei einer gegebenen Verhältniß der Bodenöfnung zur ganzen Bodenfläche aus einem zilindriſchen oder prismatiſchen Gefäß auslauft, wenn ſolches beſtändig gleich voll erhalten wird.

Der

Gefäß noch vergrößert werden, daher denn ſchon vom Anfang des Auslaufens an die Geſchwindigkeit des auslaufenden Waſſers, ſo wie die des (wegen des nöthigen Erſatzes) zufließenden beſtändig wachſen muß, nur daß dieſes immer fortgehende Wachsthum ſehr bald unmerklich wird, und eine gewiſſe Grenze nie überſteigt, wie die Summe der Reihe

$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \ldots$ in infin.

nie völlig $= 1$ wird. Dieſe an ſich klare Erſcheinung wird Jeder wahrnehmen, der es verſuchen will, ein 15 Fuß hohes zilindriſches Gefäß, deſſen Bodenöfnung $\frac{2}{3}\frac{2}{0}$ der ganzen Bodenfläche beträgt, beſtändig voll zu erhalten; er wird immer mehr zufließen laſſen, bis dieſe erfoderliche Vermehrung endlich unmerklich wird. Gewöhnlich nehmen Lehrer der Hydrodinamik die Vollerhaltung eines Gefäßes ſo gradehin an, ohne an die phyſiſchen Anſtalten, die eine ſolche Vollerhaltung erfodert, dabei zu denken. Der Hr. Verf. würde dieſe Schwierigkeit entdeckt haben, wenn er ſein Beiſpiel mit einer ſo weiten Oefnung wirklich in Anwendung gebracht hätte.

Es ſei z. B. in Tab. ♂. fig. 1. EFGH das zilindriſche Gefäß des Hrn. Verf., das 15 Fuß hoch voll erhalten werden ſoll. Anfangs ſei es ſo hoch mit Waſſer angefüllt, und die Oefnung I verſchloſſen. Um nun ſolches voll zu erhalten, wenn der Zapfen bei I ausgezogen wird, iſt ein Behältniß mit Waſſer ABCD nöthig, das eine Oefnung KL hat, die weit größer als die Weite des Gefäßes

EH

Der Vorſprung BQ einer ſchiefen Fläche heiße b, ihre Länge AQ heiße g, ſo druckt $\frac{b}{g}$ die Verhältniß des Bodenſtücks zur ganzen Bodenfläche aus. Es ſei ferner a die Höhe eines Waſſerzilinders, der bei einem freien

EH iſt, das überdas eine ſolche Weite AD hat, gegen der die Oefnung KL ganz unbeträchtlich iſt, und das endlich beſtändigen Zufluß hat, ſo daß es auch bei veränderlichem Zufluß immer gleich voll bleibt, indem ſeine Oberfläche ſo groß ſein muß, daß die Veränderlichkeit des Zufluſſes auf die Tiefe des Waſſers keinen merkbaren Einfluß hat. Sobald nun das Gefäß EF auszulaufen anfangen ſoll, ſetze man die obere Oefnung EH nahe unter die Oefnung des Behältniſſes KL; anfangs kann nicht alles durch KL durchſchießende Waſſer in das enge Gefäß EH einſchießen, weil aber die Schwere die Geſchwindigkeit des Waſſers in I erſt nach und nach beſchleunigt, ſo iſt der Zufluß im erſten Augenblick dennoch hinreichend, das Gefäß EG voll zu erhalten.

Inzwiſchen nimmt die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes durch I ſehr ſchnell zu, daher der Zufluß aus KL, ſoviel der Zilinder davon nahe unter dem Boden BC auffangen kann, ſehr bald (wenn nämlich AB kleiner als EF iſt) unzureichend wird, den Zilinder voll zu erhalten. Man muß daher den Zilinder ſogleich tiefer herunter, nämlich weiter vom Boden BC weg, rücken, um einen größern Theil des einſchießenden Strahls aufzufangen, z. B. bei g; weil aber hierdurch zugleich auch wieder die Geſchwindigkeit des Waſſers durch I beſchleunigt wird, ſo bleibt der Zufluß wieder zur Vollerhaltung nicht hinreichend, und ſo muß man nach und nach, aber ſehr ſchnell hintereinander, in f, e, d ꝛc. herabfahren, bis man z. B. in einer Tiefe c einen ſolchen Zufluß erhält, wobei die Geſchwindigkeit des Waſſers

freien Fall in einer gegebenen Zeit abgelaufen sein wird, so ist AI, wofür wir x setzen wollen, die Höhe eines Wasserzilinders von eben der Grundfläche, welcher in der nämlichen Zeit längst der schiefen Fläche hinabschießen wird.

sers durch I nicht mehr merkbar abnimmt. Nunmehr gehört aber die Geschwindigkeit des Wassers in I nicht der Höhe EF, sondern der AB + Lc + EF, und um also das Gefäß auf die Höhe FE voll zu erhalten, muß das Wasser, welches in I ausschießt, von einer weit beträchtlichern Höhe als FE, nämlich von der FE + cL + BA herabfallen. Um also die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit der das Wasser aus dem 15 Fuß hoch voll bleibenden Zilinder abschießt, muß man die ganze Höhe FE + cL + BA, von der das Wasser herabfallen muß, angeben.

Wenn nicht KL gegen AD als unbeträchtlich angesehen werden kann, so ist die genaue Vollerhaltung nicht für einerlei Werth von cL zu bewerkstelligen, sondern man muß den Zilinder bald näher an den Boden BC hin, bald weiter wegrücken; ist aber die Oefnung des Zuflußbehälters KL gegen der Weite AD unbeträchtlich, so läßt sich berechnen, daß, wenn die ganze Bodenfläche = W und die Oefnung I = w gesetzt wird,

$$BA + cL = \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot FE$$

also die ganze Wasserhöhe

$$= FE + \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot FE$$

$$= \frac{W^2}{W^2 - w_2} \cdot FE$$

gesetzt

wird. Man hat aber $AB : AI = DF^2 : EF^2 = AQ^2 : AI^2$, folglich $a : x = y^2 : y^2 - b^2$; dieß gibt die Gleichung $ay^2 - xy^2 = ab^2$ für die kubiſche Hyperbel. Zieht man unter einem rechten Win-

geſetzt werden müſſe. Auf ſolche Art ergibt ſich hier für das Beiſpiel des Hrn. Verf. die ganze Waſſerhöhe

$$= \frac{900}{900 - 841} \cdot 15 = 228, 8 \text{ Fuß.}$$

Die Bedeutung hievon iſt alſo dieſe:

Wenn der 15 Fuß hohe Zilinder, deſſen Bodenöffnung $\frac{41}{900}$ der ganzen Bodenfläche beträgt, durch einen Zufluß frei herabfallenden Waſſers aus einem immer gleich vollen Behälter beſtändig voll erhalten werden ſoll, ſo muß die ganze Waſſerhöhe 228, 8 Fuß, oder die Höhe des Zuſchuſſes 228, 8 — 15, d. i. 213, 8 Fuß betragen; und darum erhält auch das aus dem Zilinder ausſchießende Waſſer eine dieſer ſo beträchtlichen Höhe zugehörige Geſchwindigkeit. Sollte aber die ganze Waſſerhöhe wirklich nur 15 Fuß betragen, ſo müßte man

$$15 = \frac{900}{900 - 841} \cdot FE = 15, 25. FE$$

ſetzen, und das gäbe

$$FE = \frac{15}{15,25} \text{ Fuß, } = 11, 8 \text{ Zoll.}$$

d. i. der Zilinder könnte alsdann nur 11, 8 Zoll hoch wirklich voll erhalten werden. Dieſe Theorie ergibt ſich aus dem, was ich in meinem Verſuch einer neuen Theorie der wichtigſten hydrodinamiſchen Grundlehren vorgetragen habe. Auf eine ganz andere Art hat Hr. Dan. Bernoulli die nämliche Formel gefunden,

aber

Winkel zwo Linien AB, AS (fig. 5.) nimmt man ferner AB = a, Bc = b, BI = x, AI = a — x, und errichtet aus jedem Endpunkt der veränderlichen Größe x Perpendikularlinien IC = y von der Größe, daß man allemal die Proportion $(a - x) : a = b^2 : y^2$ hätte, so bestimmt die durch die Endpunkte C der Ordinaten y gehende krumme Linie, welche durch die Gleichung $ay^2 - xy^2 = ab^2$ vorgestellt wird, das ganze Verhalten des Wassers bei seiner Bewegung nach der von uns gebrauchten Vorstellungsart.

Für

aber auch wegen seiner Erfindungsart den Sinn davon nicht gehörig erläutert, auch Folgerungen daraus hergeleitet, denen ich nicht beitreten kann. Die Formel aber, die auch Hr. Euler wieder auf eine andere Weise herausgebracht hat, hat ihre unstreitige Richtigkeit. Man sieht hieraus, daß der Hr. Verf. einen ganz falschen Weg gegangen ist, und daß er den wahren Sinn anderer Formeln gar nicht gekannt haben müsse. Es ist auch der Gedanke, die auf das Bodenstück des Gefäßes drückende Wassermasse über der ganzen Bodenfläche so zu vergleichen, wie der Vorsprung einer schiefen Fläche mit ihrer Länge, ohne alle Rechtfertigung so ganz willkührlich angenommen. Die beiden erwähnten Wassermassen, oder die Verhältniß ihres Drucks, durch Linien auszudrucken, ist zwar sehr wohl verstattet, und in der Mechanik ein sehr gewöhnliches Verfahren; daß aber ein aus diesen beiden Linien und einem rechten Winkel verzeichnetes Dreieck eine schiefe Fläche gäbe, worauf ein schwerer Körper eben so herabfalle, wie das Wasser im Gefäß niedersinke, ist doch in der That ein nichts weniger als für sich einleuchtender Satz, den der Hr. Verf. ohne Beweis so gradehin angenommen hat, und der auch keines Beweises fähig ist. Sonst ließe sich

auch

Für $y = b$ wird die Bodenöfnung $= o$ folglich auch $x = o$; wird y im Verhältniß gegen b größer, so wächst auch x; soll aber $x = a$ werden, so muß y unendlich groß sein. *)

16. x bedeute die Höhe des ausgelaufenen Wasserzilinders, der die ganze Bodenfläche zur Grundfläche hat. Da aber diese nämliche Wassermenge durch die Bodenöfnung abschießen muß, so muß man, um die Höhe des in der Dicke dieser Oefnung abgelaufenen Wasserzilinders zu erhalten, x nach der Verhältniß, in welcher

auch die Theorie der Ueberwucht, wenn solche willkührliche Voraussetzungen angingen, auf die nämliche Art durch Dreiecke leicht abthun. Wären z. B. an beiden Enden eines um eine Rolle gehenden Fadens Gewichte befestigt, am einen 30 ℔, am andern 1 ℔, so könnte man eben so annehmen, die beiden Gewichte lassen sich durch die Hypothenuse und Grundlinie eines rechtwinklichten Dreiecks vorstellen, und das 30pfündige Gewicht sinke bei dem 1pfündigen Gegengewicht eben so nieder, wie ein schwerer Körper auf der so entstehenden schiefen Fläche herabfalle. Man weiß aber, daß dieses falsch ist, es muß sowohl in diesem Fall als im vorigen beim Gefäß die respektive Schwere nach der richtigen Theorie der Ueberwucht bestimmt werden. Etwas dergleichen, aber nicht ganz richtig, kommt unten noch vor. (§. 45 u. 46.)

*) Oder vielmehr: es muß $\frac{b}{y}$ unendlich klein sein, also AQ unendlich nahe an AB fallen, wodurch aber y oder AQ nicht unendlich groß wird, sondern $b = o$, d. i. es muß für $x = a$ das Bodenstück völlig verschwinden, und die Bodenöfnung der ganzen Bodenfläche gleich werden.

nen Fall in einer gegebenen Zeit abgelaufen sein wird, o ist AI, wofür wir x setzen wollen, die Höhe eines Wasserzilinders von eben der Grundfläche, welcher in er nämlichen Zeit längst der schiefen Fläche hinabschießen wird.

sers durch I nicht mehr merkbar abnimmt. Nunmehr gehört aber die Geschwindigkeit des Wassers in I nicht der Höhe EF, sondern der AB + Lc + EF, und um also das Gefäß auf die Höhe FE voll zu erhalten, muß das Wasser, welches in I ausschießt, von einer weit beträchtlichern Höhe als FE, nämlich von der FE + cL + BA herabfallen. Um also die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit der das Wasser aus dem 15 Fuß hoch voll bleibenden Zilinder abschießt, muß man die ganze Höhe FE + cL + BA, von der das Wasser herabfallen muß, angeben.

Wenn nicht KL gegen AD als unbeträchtlich angesehen werden kann, so ist die genaue Vollerhaltung nicht für einerlei Werth von cL zu bewerkstelligen, sondern man muß den Zilinder bald näher an den Boden BC hin, bald weiter wegrücken; ist aber die Oefnung des Zuflußbehälters KL gegen der Weite AD unbeträchtlich, so läßt sich berechnen, daß, wenn die ganze Bodenfläche = W und die Oefnung I = w gesetzt wird,

$$BA + cL = \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot FE$$

also die ganze Wasserhöhe

$$= FE + \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot FE$$

$$= \frac{W^2}{W^2 - w_2} \cdot FE$$

gesetzt

Noch Niemand hatte bisher aus dem dritten hydrostatischen Gesetz und den bekannten Galileischen Bewegungsgesetzen das Verhalten der verschiedenen Geschwindigkeiten hergeleitet, womit Wasser aus einem gradden zilindrischen oder prismatischen beständig gleich vollen Gefäß durch eine im Boden angebrachte Oefnung auslauft. Für die beiden äußersten Fälle *) ist die Richtigkeit der gefundenen Formel durch die Erfahrung bestätigt; und wenn man solche auch nur als eine bloße physische Hypothese ansehen will, so hat sie wenigstens den Vorzug, daß man daraus so ganz leicht die Verschiedenheit der Effekte übersieht, je nachdem die Oefnung im Verhältniß gegen den Boden größer oder kleiner ist.

§. 15.

*) Diese beiden Fälle sind nämlich 1) für ein unendlich kleines Bodenstück, und 2) für eine unendlich kleine Oefnung. Für jenen Fall kömmt $v = a$ und für diesen $v = 2a$. Aber die §. 14. in der Note angegebene Formel gibt für den Beharrungsstand des Ausflusses im erstern Fall $v = \infty$ und im letztern gleichfalls $v = 2a$. Daß der Hr. Verf. $v = a$ statt $v = \infty$ herausbringt, rührt daher, weil er die Beschleunigung der Geschwindigkeit für die Zeit in Betrachtung zieht, welche erfodert wird, bis der Wasserzilinder von der Höhe $x \cdot \frac{y}{y - b}$ herabgesunken ist, ohne zu bedenken, daß die Beschleunigung viel länger fortdauern kann, daß zu dieser Bestimmung daher eine ganz andere Betrachtung nöthig ist, und daß für den erwähnten 2ten Fall der Beschleunigung gar keine Grenze gesetzt werden kann, sondern solche über alle Grenzen wächst und nothwendig wachsen muß, so daß auch in der Ausübung in solchem Fall keine Anstalt

18. Nimmt man a = 15 Fuß, folglich die Zeit freien Falls = 1 Sek., und wird das Verhältniß D E zu D F, oder die des Bodenstücks zur ganzen Bodenfläche nach und nach ausgedruckt durch

— .. $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{19}{20}$ $\frac{29}{30}$ ꝛc.

ist das Verhältniß der nung zur ganzen Bo- fläche } $\frac{29}{30}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{20}$ $\frac{1}{30}$ ꝛc.

e Wassermenge, welche eben der Zeit abfließt, d jedesmal durch einen nder bestimmt, der die ge Bodenfläche des Ge- es zur Grundfläche hät- und nebenstehende Zah- zur Höhe in Fußen. } $14\frac{177}{180}$. $14\frac{17}{20}$. $14\frac{1}{18}$. $13\frac{1}{3}$. $11\frac{1}{4}$. $6\frac{9}{18}$. $2\frac{17}{20}$. $1\frac{37}{180}$. $\frac{177}{180}$ ꝛc.

) die Höhe des Zilinders, die Oefnung zur Grund- he hätte, ist jedesmal in ßen . } $15\frac{1}{2}$. $16\frac{1}{2}$. $18\frac{3}{4}$. 20 . $22\frac{1}{2}$. $26\frac{1}{4}$. $28\frac{1}{2}$. $29\frac{1}{4}$. $29\frac{1}{2}$ ꝛc.

Man

stalt hinreichend ist, das Gefäß beständig auf gleiche Höhe voll zu erhalten, daher sich auch der Hr. Verf. ohne Grund auf die Bestätigung dieses Falls durch die Erfahrung beruft. Wenn aber auch die Beschleunigung in diesem Fall wirklich nur so lange dauerte, bis der erste Wasserzilinder von der Höhe des Gefäßes abgelaufen wäre, so müßte doch der Hr. Verf. zugeben, daß am Ende dieser Zeit der in diesem Augenblick durch die Oefnung durchfallende Querschnitt nothwendig eine Geschwindigkeit haben müsse, wie sie dem freien Falle eines schwe-

Man ſieht alſo, wie ſehr ſich die Lehrer der Hydraulik geirrt haben, welche bei Beſtimmung der Geſchwindigkeit des aus der Bodenöfnung eines immer gleich vollen Gefäßes auslaufenden Waſſers vorausſetzen, das zur Oefnung gehörige Waſſer werde allemal von dem ganzen Gewicht der darüber ſtehenden Säule gedruckt.

Dieſes findet in dem einzigen Fall ſtatt, wenn die Oefnung unendlich klein iſt, und nur in dieſem Fall läßt ſich dem Waſſer in dem Augenblick des Durchgangs durch die Oefnung eine Geſchwindigkeit beilegen, ſo groß als ſie durch den Fall von der Höhe des Gefäßes herab erreicht würde. *)

ren Körpers von dieſer Höhe herab gemäß iſt, und daß alſo, daferne das Gefäß beſtändig gleich voll erhalten werden ſolle, in eben dieſem Augenblick das zum Erſatz zufließende Waſſer, ſo wie alle Querſchnitte bis zur Oberfläche hinauf, die nämliche Geſchwindigkeit haben müßten, folglich, wenn auch die Geſchwindigkeit nicht ferner beſchleunigt würde, ſolche doch beſtändig der ganzen Höhe des Gefäßes zugehören, alſo nicht $v = a$, ſondern $= 2a$ geſetzt werden müßte.

*) Nach des Hrn. Verf. Formel ergibt ſich dieſer Erfolg freilich nur für den einzigen Fall, wenn die Oefnung unendlich klein iſt; aber eben dieſe Folge beweiſt die Unrichtigkeit ſeiner Formel, da ſo ganz offenbar in dem ganz entgegen geſetzten Fall, wo die Oefnung der Weite des ganzen Gefäßes gleich iſt, die Waſſermaſſe wie jeder ſchwere Körper frei herabfallen muß, folglich, ſobald die Waſſerſäule abgeſchoſſen iſt, die Geſchwindigkeit ſchon der Höhe des Gefäßes zugehören muß, nichts zu gedenken, daß dieſe Geſchwindigkeit nachher noch immer fortwächſt.

Zweeter Abſchnitt.

Erſte Bemerkung.

Newtons Theorie.

Newtons Methode bei Auflöſung dieſer Aufgabe iſt allgemein bekannt. Es iſt ausgemacht, daß die Erfahrung mit den Vorſtellungen dieſes großen Mannes von der Bildung ſeiner Katarakte nicht übereinſtimmt, inzwiſchen verdienen die Reſultate ſeiner Berechnungen alle Aufmerkſamkeit. Nennt man die Höhe des Gefäßes a, die ganze Bodenfläche y, das Bodenſtück b, die Oefnung $y - b$, ſo findet er, 1) daß in der Zeit, worin ein ſchwerer Körper von der Höhe a frei herabfiele, durch die Oefnung eine Waſſerſäule abſchieße, deren Grundfläche die Dicke des ſich in der Oefnung zuſammenziehenden Strahls wäre, und die Höhe $v = 2a \cdot \frac{y}{y+y-b} = \frac{2ay}{2y-b}$. Nur wird in dieſer Formel, wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich geſetzt wird, das Bodenſtück $= o$, alſo $b = v$, und $v = \frac{2ay}{2y} = a$, welches der Fall iſt, wo das Waſſer frei herabfällt. Iſt die Oefnung unendlich klein, alſo $b = y$, ſo kommt $v = \frac{2ay}{2y-y} = 2a$, welches der Erfahrung gemäß iſt. *)

1) Philoſ. nat. princ. math. tom. II. pag. 292. 293.

*) Ich beziehe mich gegen Newton hier auf die Anm. §. 18.

In diesen beiden äußersten Fällen stimmen die a
Newtons Formel sich ergebenden Resultate mit den m
nigen überein, aber in den übrigen Fällen weichen
von den meinigen um etwas ab, wie man aus Vergl
chung der Newtonschen Formel mit der (No. 18.) er
hen kann. *)

Bei Auflösung der Aufgaben soll man durch A
wendung bekannter Grundsätze das noch Unbekannte e
deck

*) Zur bessern Vergleichung drucke ich die Newtonsche F
mel so aus:

$$v = a + \frac{a\,b}{y + (y - b)}$$

Die No. 18. gibt

$$v = a + \frac{a\,b}{y}$$

wo gleich in die Augen fällt, daß sowohl für b =
d. i. für eine unendlich kleine Oefnung, als für b =
beide Formeln zusammentreffen. Für alle übrigen F
le aber gibt die Newtonsche Formel einen kleinern We
von v als die No. 18. Nach der Methode des Gr
ten und Kleinsten findet man den größten Unterschied
der Formeln für

$$b = y\,(2 - \sqrt{2})$$
$$= 0{,}585 \cdot y$$

dieser Werth von b in die Newtonsche Formel ges
gibt $v = 1{,}414 \cdot a$

und der No. 18. $v = 1{,}585 \cdot a$

die größte Differenz beider Werthe $= 0{,}171 \cdot a$,
welches in dieser Art von Untersuchungen in der T
eine geringe Abweichung ist.

dekten. Es ſcheint aber nicht, daß Newton bei gegenwärtiger Unterſuchung dieſe Regel befolgt habe; in den beiden äußerſten Fällen ſtimmen die Reſultate ſeiner Auflöſung mit der Erfahrung überein, und ſie waren allen Phyſikern bekannt, ſtatt daß die Hypotheſe, worauf er ſeine Rechnungen gebaut hat, durch gar keine Beobachtung beſtätigt wird. Man kann alſo behaupten, Newton habe nur die ſchon bekannt geweſene Auflöſung der beiden äußerſten Fälle der Aufgabe auf die von ihm gebrauchte Hypotheſe gebaut. Dieſe Hypotheſe darf man nicht ſo ſchlechthin als richtig annehmen; aber da ſie von der Wahrheit ausgeht, und zuletzt wieder zu derſelben hinführt, ſich auch nirgends beträchtlich von ihr entfernt, und endlich ihren Urſprung dem tiefſinnigſten Forſcher, der jemalen gelebt, zu verdanken hat, ſo muß ſie allerdings der hier von mir aufgeſtellten Theorie zur Beſtätigung dienen, da ſolche auf Reſultate führt, die alle in eben der Ordnung auf einander folgen, und übrigens auf die gemeinſten Gründe der Mechanik gebaut iſt.

Zweite Bemerkung.

Theorien der Herren Mac'-Laurin, Bernoulli und anderer.

19. Die Herren Mac-Laurin, Dan. Bernoulli, Joh. Bernoulli, Euler, d'Alembert u. a. haben die eben betrachtete Aufgabe aufgelöſt; aber keiner dieſer großen Meßkünſtler hat ſeine Auflöſung aus ſo ganz einfachen und gemeinen Gründen der Mechanik hergeleitet, wie wir. Man kann in des Hrn. d'Alembert Traité des Fluides chap. III. liv. II. deſſen Bemerkungen

über die Dunkelheit derer Herren Joh. Bernoulli und Mac. Laurin im Vortrag ihrer Gründe nachlesen. Hr. Abt Bossut drucket sich, wo er von den Bemühungen derer Herren d'Alembert und Euler redet, so aus: „Diese „beiden großen Geometer scheinen alle Mittel erschöpft „zu haben, die man von der Analysis hernehmen kann, „um die Bewegung flüßiger Materien zu bestimmen. „Schade, daß ihre Formeln durch die Natur der Sa„che so verwickelt sind, daß man sie nur als geometrische „an sich höchst schätzbare Wahrheiten ansehen kann, nicht „aber als Sinnbilder, welche wie ein Gemälde die wirk„liche und physische Bewegung einer flüßigen Masse sinnlich darstellen könnten. Hydrodyn. Préface pag. XVI.

Ich muß noch hinzufügen, daß die Verwickelung dieser Formeln nach dem Urtheil vieler der größten Geometer sogar dazu beigetragen hat, die Gründe selbst zu erschüttern, worauf sie gebaut waren. Der Pr. Frisi im 1. Kap. des 2. Buchs seines Traité des Fleuves nimmt keinen Anstand zu sagen, es sei unmöglich, die Bewegung flüßiger Massen durch die Analysis genau anzugeben. Wo er von der Geschwindigkeit des durch eine kleine Oefnung eines beständig vollen Gefäßes auslaufenden Wassers, die sich wie die Quadratwurzel aus der Höhe verhält, redet, setzt er hinzu, dieses sei ein bloßer Erfahrungssatz und noch Niemand habe ihn bewiesen.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß dieser berühmte Torricellische Lehrsatz in den gewöhnlichen hydraulischen Schriften schlecht bewiesen ist; aber wie man ihn

unmittelbar aus den Theorien derer Herren Mac-Laurin u. a. herleitet, hat man die Uebereinſtimmung ihrer Reſultate mit der Erfahrung nur einer glücklichen Vorausſetzung zum Vortheil dieſer Theorien zu verdanken. Inzwiſchen muß ich, wenn ſolche angenommen werden ſollen, mehr fodern, als daß ſie nur in einem beſondern Fall mit der Erfahrung zuſammentreffen. Es ſind aber die zur genauen Beſtimmung ihrer Richtigkeit erfoderlichen Vergleichungen unter ſolchen Umſtänden, wo die Oefnung nicht als unendlich klein angeſehen werden kann, nicht angeſtellt worden, und das konnten ſie auch nicht wohl, wegen der Verwickelung derer aus ſolchen Theorien ſich ergebenden Formeln.

Um darüber urtheilen zu können, was für ein Vertrauen die Theorien der angeführten großen Geometer verdienen, hat man nicht nöthig, ſie alle zu prüfen; es iſt ſchon genug, ſich an die Joh. Bernoulliſche zu halten, und ſie verdient wegen der Leichtigkeit, die ſie zur Vergleichung einiger ſeiner Reſultate mit der Erfahrung darbietet, den Vorzug. Wenn übrigens dieſe Theorie mit den andern übereinkommt, 1) ſo entſcheidet die Beurtheilung derſelben auch über leztere.

Hr. Bernoulli ſezt voraus, man habe zween Zilinder AGDE, GBCF (fig. 6.) von verſchiedenen Durchmeſſern, einen mit dem andern verbunden,

1) Man kann nicht leugnen, daß die Theorie des Hrn. Joh. Bernoulli ſinnreich iſt, und die Reſultate, die ſich daraus ergeben, ſtimmen übrigens mit denen, welche ſich aus der unſrigen ergeben, vollkommen überein .... alle dieſe Schwierigkeiten, ich geſtehe es, greifen

und mit einer gleichartigen nicht schweren flüßigen Masse angefüllt; bei A E sei ein Kolben oder Stempel angebracht, der die flüßige Masse überall in jeder Stelle des Querschnitts A E gleich stark drucke. Auf solche Art bringt dieser Schriftsteller die Summe der Pressungen aller Wasserschichten auf eine einzige Kraft, die auf die Oberfläche des Wassers wirkte. Er setzt den Boden des großen Zilinders G E = h, den Boden des kleinen Zilinders G C = m; er nennt v die Geschwindigkeit des Wassers im Zilinder G C; a die Länge G A des großen Zilinders; g die Kraft der Schwere; er findet die Gleichung $g\,h\,a = \frac{h^2 - m^2}{2h} \cdot v^2$; und indem er die Höhe, von der ein Körper herabfallen müßte, um die Geschwindigkeit v zu erlangen, z nennt, findet er $z = \sqrt{\frac{h^2}{h^2 - m^2}} \cdot a$; daraus leitet er folgenden Satz her:

Es sei A G F E (fig. 7.) ein zilindrisches vertikal stehendes Gefäß, dessen Boden mit einer horizontalen an beiden Enden offenen zilindrischen Röhre F B verbunden sei; man gedenke sich das Gefäß sammt der Röhre mit Wasser angefüllt, und das in jedem Augenblick durch die Oefnung B C abfließende Wasser werde sogleich im Gefäß wieder ersetzt; so wird die Geschwindigkeit

sen den Grund der Bernoullischen Theorie nicht an; man kann nicht zweifeln, daß sie der Wahrheit vollkommen getreu bleibt, weil sie ihn zur richtigen Auflösung der Aufgabe, die er untersuchte, geführt hat. Traité des Fluides de M. d'Alembert pag. 175. 179.

digkeit des durch die Oefnung schießenden Wassers in äußerst kurzer Zeit derjenigen gleich, die ein schwerer Körper durch den freien Fall von der Höhe $\frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ erlangen würde.

Da h den Boden des Zilinders und m die Größe der Oefnung bedeutet, so ist offenbar, daß wenn die Oefnung unendlich klein ist, die Gleichung $z = \frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ sich in $z = \frac{h^2}{h^2} \cdot a = a$ verwandelt, d. i. daß die Geschwindigkeit des durch die Oefnung C B schießenden Wassers derjenigen gleich ist, die ein schwerer Körper durch den freien Fall von der Höhe E F erhalten würde.

Unsere Theorie stimmt für eine unendlich kleine Oefnung mit der Bernoullischen überein; es ist aber leicht einzusehen, daß in allen andern Fällen die Resultate verschieden sind. Es ist nicht nöthig, die Gründe des Hrn. Bernoulli genau zu zergliedern, um sich von ihrer Unrichtigkeit zu überzeugen; man darf nur bei der Formel $z = \frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ stehen bleiben; sie zeigt an, daß wenn der Boden des Zilinders unverändert bleibt, die Oefnung B C aber wächst, die Geschwindigkeit des durch die Oefnung schießenden Wassers alsdenn gleichfalls wachsen müsse; dieses ist aber der Erfahrung ganz und gar zuwider. Wirklich kommt die Höhe, zu der sich der Strahl bei Springwerken erhebt, den Widerstand der Luft bei Seite gesetzt, der Höhe des vollerhaltenen Zuflußbehältnisses niemalen so nahe, als wann die Oefnung

Oefnung im Verhältniß gegen den Boden kleiner iſt; und es iſt ausgemacht, daß die Höhe der ſpringenden Strahlen deſtomehr abnimmt, je größer man die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden des Zuflußbehältniſſes macht. Die Bernoulliſche Theorie gibt grade das Gegentheil; und wenn ſie richtig wäre, ſo würden nicht nur die Springwerke höher ſteigen, ſobald man nur die Oefnung B C vergrößerte, ſondern ihre Höhe würde ſogar noch allemal die Höhe des Zuflußbehälters überſteigen; denn das aus der Oefnung hervorſchießende Waſſer würde allemal mit einer größern Geſchwindigkeit, nämlich mit derjenigen getrieben, die durch den freien Fall von der Höhe $\frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ erlangt würde, und dieſe wäre allemal größer als die Höhe a. *)

Dritte

*) Wenn auch aus Bernoulli's Theorie dieſer Satz wirklich folgte, ſo ließe ſich doch aus dieſer Folge allein die Unrichtigkeit der Bernoulliſchen Theorie nicht behaupten; Bernoullis Verfahren könnte durchaus richtig und den Grundſätzen der Mechanik angemeſſen ſein, und doch könnten in der Ausübung um anderer Urſachen willen Erſcheinungen erfolgen, die der Bernoulliſchen Theorie zu widerſprechen ſcheinen könnten, blos darum, weil die in der Ausübung dazu kommenden Umſtände nicht alle hinlänglich bekannt ſein dürften. Es wäre doch allerdings nothwendig, Hrn. Bernoullis Theorie nach allen ihren Gründen genau zu unterſuchen, um zu ſehen, ob Hr. Bernoulli irgend etwas zum Grund gelegt habe, woraus ſich die Unrichtigkeit der Formel $\frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a = z$ erklären ließe, und eben das müſ-

Dritte Bemerkung.

29. Die meiſten hydrauliſchen Schriftſteller haben angenommen, die Geſchwindigkeit des Waſſers, welches aus einem beſtändig vollen Gefäß auslaufe, verändere

te dann zugleich des Hrn. Verf. Theorie noch mehr ins Licht ſetzen. Nachdem ich aber die Bernoulliſche Theorie mit aller Aufmerkſamkeit ſtudirt und geprüft habe, finde ich, einiger mir aufgefallenen Erinnerungen ohngeachtet, die ganze Entſtehungsart der Formel $\frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a = z$ in den ausgemachteſten mechaniſchen Geſetzen gegründet; auch die Methode, die Hr. Euler gebraucht, die hieher gehörige Formel für z zu finden, iſt ſo einleuchtend, ſo leicht und ſo unmittelbar aus den allgemeinen mechaniſchen Grundlehren hergeleitet, daß ſich gegen ſeine Formel für z nicht das Mindeſte einwenden läßt; ſie iſt aber mit der Bernoulliſchen völlig einerlei. Die Methode, deren ich mich in dem ſchon oben (Note zu No. 14.) angeführten Verſuch bedient habe, iſt von jenen beiden unterſchieden, und gleichfalls auf die erſten Gründe der Mechanik gebaut; auch dieſe gibt $z = \frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$, und aus ihr überſieht man ſehr leicht, worin es der Hr. Verf. dieſer franzöſiſchen Hydraulik verſehen hat, darin nämlich, daß er auf die Höhe des Waſſerfalls in das Gefäß, welche zur Vollerhaltung erfodert wird, nicht geſehen hat, durch ſeine Methode auch hierauf nicht geleitet worden iſt, da hingegen obige ganz von den erſten Bewegungsgeſetzen ausgehende Methoden von ſelbſt dieſe Höhe mitgeben. Ohne Zweifel hat Hr. Bernoulli hierauf ſelbſten nicht Acht gehabt, auch kein Schriftſteller dieſe Erinnerung gemacht, die doch umſoviel wichtiger iſt, als

ſie

nes Gefäß eine zilindrische an beiden Enden offene Röhre von gleichem Durchmesser, mit der Bodenöfnung. Das Wasser stieg darin und erhielte sich bis zu eben der Höhe, wie im Gefäß, ob ich gleich die Röhre so genau als

$$v = \frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$$ geben, folgt.

In der That folgt aus der Bernoullischen Theorie nur so viel:

es gehöre die Geschwindigkeit des Wassers allemal der ganzen Wasserhöhe zu, nur werde, wenn ein Gefäß sammt Röhre auf die Höhe a anfänglich angefüllt ist und so erhalten werden soll, zu dieser Erhaltung wieder eine beständig hinzuströhmende Wassersäule von der Höhe $\frac{m^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ erfodert, so daß daher das abschießende Wasser allemal eigentlich nicht von der anfänglichen Höhe a, sondern von der Höhe $a + \frac{m^2}{h^2 - m^2} \cdot a = \frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ hergeleitet werden müsse, widrigenfalls könne der Vollerhaltung kein Genüge geschehen.

Ich füge noch hinzu, daß die zuströhmende Wassersäule aus einem Behältniß geschehen müsse, dessen Weite gegen der Weite des voll zu erhaltenden Behältnisses als unendlich groß angesehen werden kann, widrigenfalls wäre zur Vollerhaltung des zweiten Behältnisses wieder eine neue hinzuströhmende Wassersäule nöthig aus einem dritten Gefäß u. s. f. Die Höhe $\frac{h^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ ist nur die geringste mögliche, und setzt voraus, daß das voll zu erhaltende Behältniß aus einem dagegen unendlich

s möglich an die Oefnung anſetzte, nur daß es alsdann
icht vertikal ſtande, denn ſolchenfalls benahm ich dem
der Röhre befindlichen Waſſer die Kommunikation
it dem im Gefäß, und erſteres fiel alſo, da letzteres
keinen

lich großen Behältniß ſeinen unveränderlichen Zufluß
erhalte.

Des Hrn. Verf. Einwürfe treffen alſo dieſe Theorie im geringſten nicht, ſondern beweiſen vielmehr, daß er bei Aufſtellung ſeiner Theorie auf Umſtände nicht Acht gehabt hat, die er nothwendig hätte mit in Rechnung bringen müſſen.

Der Hr. Verf. kann ſich auch hierin ſchlechterdings nicht auf gegenſeitige Erfahrungen berufen. Bei wirklichen Anlagen beträgt die Oberfläche des Zuflußbehälters gewöhnlich viele Quadratruthen, und wenn ſie auch nur eine einzige Quadratruthe betrüge, ſo wären ſolches doch ſchon 1728 Quadratzoll, und wenn der ſpringende Strahl auch 20 Quadratzoll dick wäre, ſo wäre

$$\frac{m^2}{h^2 - m^2} \cdot a \text{ doch erſt} = \frac{400}{1257584} \cdot a$$

$$= \frac{1}{3144} \cdot a$$

alſo die zur Geſchwindigkeit gehörige Höhe

$$= \left(1 + \frac{1}{3144}\right) \cdot a$$

Die von dieſer Höhe herrührende Geſchwindigkeit iſt aber von der von a herrührenden ſo wenig verſchieden, daß der Unterſchied durch keine Art von Meſſung entdeckt werden könnte; wie viel weniger alſo in denen ganz gewöhnlichen Fällen? Wollte er aber den Verſuch nach

keinen Druck mehr dagegen ausübt, durch sein eigenes Gewicht herab. *) Inzwischen ist es gewiß, daß in der Oefnung selbsten nicht alle Wassertheilchen gleiche Geschwindigkeit haben; aber diese Verschiedenheit ist keiner genauen Bestimmung fähig.

Vierte Bemerkung.

21. Wenn man in das Gefäß §. 15. einen Zilinder von kleinerm Durchmesser, als der des Gefäßes ist, einsteckt, so daß nach einer gegebenen Zeit die durch ihn aus der Stelle getriebene Wassermasse größer, oder eben so groß oder kleiner als diejenige ist, welche die Schwere in eben der Zeit aus dem Gefäß treiben kann, so wird der Wasserspiegel steigen, oder sich in eben der Höhe erhalten, oder im Gefäß sinken.

Man

dem vorigen von mir gewählten Beispiel anstellen, so würde er eines andern überzeugt werden.

*) Ich sehe nicht, wie dieser Versuch gebraucht werden kann, den vorher angeführten Satz anderer hydraulischer Schriftsteller zu widerlegen. Wenn auch die sinkenden Querschnitte gegen die Oefnung hin, einen gegen die Oefnung zusammen laufenden Trichter bilden, folglich die Geschwindigkeit allmählig größer wird, so ändert solches doch den Wasserstand in der eingesenkten Röhre nicht ab. Eben dieser Versuch beweist solches, denn so tief die Röhre unter dem Wasser eingetaucht ist, sind die Wasserquerschnitte wegen der Dicke der Röhrenwand im zilindrischen Gefäß offenbar kleiner als unter dieser Röhre, folglich ihre Geschwindigkeit größer, und dennoch ändert diese Verschiedenheit den Wasserstand in der Röhre nicht ab.

Man begreift leicht, daß eine Waſſermaſſe, die
an in das Gefäß ſchüttete, darin eben den Effekt her-
rbringen müßte, wie der eben erwähnte zilindriſche
örper.

In aller Strenge genommen, könnte das im be-
indig voll erhaltenen Gefäße ſinkende Waſſer niemalen
r Gleichförmigkeit gelangen, weil der oberſte Quer-
nitt im erſten Augenblick keine Geſchwindigkeit hat und
h zu beſchleunigen ſtrebt. Inzwiſchen ſieht man, daß
kleiner die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden
, auch deſto kleiner die Höhe ſein müſſe, um die der
erſte Querſchnitt in der Zeit niederſinkt, die ein ſchwe-
r Körper nöthig hätte, um von der Höhe des Gefäßes
ti herabzufallen.

So wie man nun annehmen darf, daß die Bewe-
ng eines von einer beſchleunigenden Kraft getriebenen
örpers in unendlich kleiner Zeit gleichförmig iſt, ſo kann
an auch, wenn die beſchleunigende Kraft nicht ſehr be-
ächtlich iſt, für eine beſtimmte Zeit annehmen, daß
r Raum gleichförmig durchlaufen wird. Man kann
ſo, inſoferne die Oefnung gegen dem Boden ſehr klein
t, die Bewegung des Waſſers im Gefäß als gleich-
rmig anſehen, und der Waſſerſpiegel wird ſich auf ei-
rlei Höhe erhalten, wenn man im Gefäß eine Waſſer-
enge zufließen läßt, die derjenigen gleich iſt, welche
rmöge der Schwere abſchießen müßte. *)

Wie

*) Allerdings iſt es richtig, daß für eine gegen den Boden ſehr kleine Oefnung der hier erwähnte Satz der Wahrheit ganz ungemein nahe kommt; völlig wahr aber iſt er nicht, weil das zufließende Waſſer die Waſſerhöhe ſelbſten wieder um etwas, das doch in dieſem Fall in

Wie aber die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden größer wird, wird auch die Beschleunigung in der nämlichen Zeit beträchtlicher, und sie wird am größten, wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich ist. Es ist klar, daß alsdann die Bewegung des Wassers im Gefäß nicht gleichförmig werden könnte, als bis die Geschwindigkeit des beständig zufließenden Wassers in Vergleichung mit der, welche die Schwere bewirken könnte, unendlich groß würde. Es ist aber nicht die Rede von der Bestimmung des Abflusses aus einem Gefäß in der Voraussetzung, daß die Bewegung des Wassers darin gleichförmig geworden sei, sondern von der Bestimmung des Abflusses unter der Voraussetzung, daß der oberste Querschnitt nicht auch gleich eine Geschwindigkeit habe. *)

Alle Schriftsteller, welche die Bewegung des Wassers durch die Oefnung eines Gefäßes als eine Wirkung vom

mathematischer Schärfe noch etwas ist, vergrößert. Eben darum sind obige Theorien, welche diese Vergrößerung $= \frac{m^2}{h^2 - m^2} \cdot a$ angeben, weit genauer und der mathematischen Schärfe angemessener.

*) Hier verräth der Hr. Verf. selbst den Hauptumstand, der seiner Theorie allen Glanz benimmt. In Untersuchungen dieser Art geht es nicht an, die Auflösung allgemeiner Aufgaben durch willkührliche Voraussetzungen zu erleichtern, und dennoch die Auflösungen für allgemein richtig auszugeben und andern Theorien vorzuziehen; man muß nothwendig zuvor untersuchen, ob auch solche Voraussetzungen mit den Wirkungen der Schwere bestehen können, und dieses ist bei den andern Theorien geschehen.

m Druck der darüber stehenden Wassersäule betrachtet
ben, haben sich sehr darüber gewundert, wenn sie sa-
n, daß, wenn ein Gefäß sich ausleerte, die Geschwin-
gkeit beim höchsten anfänglichen Wasserstand nicht am
ößten wäre. *) Nach unserer Theorie läßt sich die
Stelle leicht bestimmen, bis zu der das Wasser ablaufen
uß, um die größte Geschwindigkeit zu erlangen. Die-
Stelle liegt bey gleich hohen Gefäßen um so viel tie-
r, je größer die Oefnung in Vergleichung mit dem
oden ist. **)

Fünfte Bemerkung.

22. Man beobachtet, daß der Wasserspiegel im
efäß für unser Auge horizontal ist, dafern die Oefnung
r klein und das Gefäß hoch genug mit Wasser ange-

*) Den Französischen Schriftstellern der Hydraulik mag diese Erscheinung wunderbar vorgekommen sein; unter den Deutschen aber habe ich noch keinen gelesen, der darüber eine Verwunderung geäußert habe, da diese von der allmähligen Beschleunigung vielmehr eher durch die Theorie als durch Beobachtungen überzeugt worden sind. Z. B. führe ich die Schriften des Hrn. Eulers, Hrn. Hofr. Kästners und Hrn. Hofr. Karstens und meinen oben angeführten Versuch an, ob ich gleich gestehe, daß ich den Formeln dieser Schriften nicht ganz beifallen kann. Meine Gedanken darüber habe ich vor Kurzem der Kurfürstlichen Akad. der Wissensch. zu Erfurt in einer Abhandlung vorgelegt, welche im nächsten Band ihrer Actor. erscheinen wird.

**) Da aber des Hrn. Verf. Theorie überhaupt fehlerhaft ist, so gibt sie auch die hier erwähnte Stelle nicht richtig an.

füllt ist. Ist aber die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden ziemlich groß, oder ist sie zwar gering, das Gefäß aber nicht hoch genug mit Wasser angefüllt, so bildet sich alsdann eine trichterförmige Höhle, deren Spitze gegen die Oefnung gerichtet ist, und diese ist um desto weiter, je größer die Oefnung und je geringer die Wasserhöhe im Gefäß ist.

Es ist klar, daß sich alsdann das dritte hydrostatische Gesetz nicht vollkommen anwenden läßt. Die Entstehung des Trichters beweißt, daß die zur Oefnung gehörige Wassersäule ein größeres Bestreben hat, herab zu fallen, als das rings umliegende Wasser, an dessen Stelle zu treten. *) Diese Schwierigkeit im Beitreten wird, wenn die Wasserhöhe im Gefäß gering ist, noch durch den Widerstand, welchen der Zusammenhang des Wassers mit dem Boden verursacht, vergrößert. Weil aber das Wasser nicht überall gleich hoch über dem Boden steht, so werden auch nicht alle Theile eines Querschnitts gleich stark gedruckt; und da das Wasser gegen die Seitenwände hin am höchsten steht, so ist klar, daß man diese Höhe zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers nicht gebrauchen dürfe. Ich halte es für unmöglich, die Geschwindigkeit der einzeln Theile eines jeden Querschnitts von dem Augenblick an, da sich auf der Oberfläche ein Trichter bildet, genau anzugeben. Ich schränke mich nur auf die Bemerkung, daß die Geschwin-

*) Eine solche Höhle muß allemal entstehen, sobald die Wasserhöhe nicht mehr $\frac{3}{8}$ vom Durchmesser einer kreisrunden Oefnung beträgt. s. Hrn. Hofr. Käſtners Hydrodinamik, S. 136. u. 137, und meine mechanische und hydrodinamische Untersuchungen, S. 139.

schwindigkeit in der Oefnung niemalen so groß wird, als sie sein würde, wenn die Oberfläche des Wassers im Gefäß horizontal bliebe, und die Wasserhöhe überall so groß wäre, als an den Wänden des Gefäßes.

Sechste Bemerkung.

23. Außer dem Umstand mit der Höhle, die sich der Oefnung gegenüber bildet, gibt es noch eine andere Ursache, welche die Geschwindigkeit der verschiedenen Theile in den einzelnen Querschnitten beträchtlich abändern, und dazu die Oberfläche des Wassers im Gefäß sehr uneben machen kann. Dieser Umstand liegt in der Art, das abfließende Wasser wieder zu ersetzen, um das Gefäß beständig voll zu halten.

Wenn man für jede sinkende Schichte im Gefäß sogleich wieder eine andere von eben der Dicke und eben der Geschwindigkeit ersetzen könnte, so ist klar, daß das zufließende Wasser alsdann weder die Geschwindigkeit der untern Schichten, noch die wagrechte Ebene des Wasserspiegels abändern könnte. Allein, man hat kein physisches Mittel, den Abfluß so regelmäßig zu ersetzen; so viele Vorsicht man auch immer gebrauchen mag, so ist doch niemalen die Oberfläche in aller Schärfe wagrecht. Ich muß bemerken, daß man einen Strohm um so viel horizontaler zu leiten suchen muß, je schneller sein Schuß ist; es ist wahr, er wird alsdann um so viel mehr wirbelförmige Bewegungen hervorbringen, aber diese Bewegungen werden die vom Druck entstehende Geschwindigkeit nicht merklich abändern, da hingegen wenn der Schuß vertikal in das Gefäß fiele, solcher die Geschwindigkeit des durch die Oefnung auslaufenden Wassers vergrößern könnte.

Man kann sich leicht überzeugen, daß, wenn auch die Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bodenfläche gegeben ist, und das Gefäß immer gleich voll angenommen wird, die Geschwindigkeit des Wassers in der Oefnung dennoch nicht bestimmt ist; sie kann unendlich verschieden sein, nachdem die Geschwindigkeit und Richtung des einschießenden Wassers beschaffen ist. *)

Es sei AB (fig. 8.) ein einzelner Wasserstrahl von beliebiger Geschwindigkeit, dessen Durchmesser genau dem Durchmesser der Oefnung o im Boden des Gefäßes MN gleich sei; so ist klar, daß, wenn sich gar kein Wasser im Gefäß befindet, und die Oefnung in der Richtung des Wasserstrahls liegt, dieser Strahl in seiner ganzen Dicke durch die Oefnung durchschießen müsse; nimmt man aber an, das Gefäß sei bis auf eine gewisse Höhe

*) Dieses ist eine sehr richtige Bemerkung, die aber keiner Theorie entgegen ist, denn alle Theorien gehen nur auf den Fall, wo der Zufluß so geschehen kann, daß solcher das wagrechte Sinken der Wasserschichten im Gefäß nicht merklich abändert, und der Wasserspiegel im Gefäß auf einer gegebenen Höhe möglichst horizontal erhalten werde. Auf andere Fälle geht keine von allen Theorien, und die Bernoullische Theorie gibt allemal die geringste Geschwindigkeit in der Oefnung an, wobei diesen Bedingungen ein Genüge geschehen kann; sie setzt im Grunde allemal voraus, daß die Oberfläche des Wassers im Gefäß mit einem dagegen unendlich großen Wasserbehälter unmittelbar verbunden sei, denn dieses ist in der That nur der einzige mögliche Fall, wobei jene Bedingungen statt haben. Eben diese Bedingungen setzt aber auch der Hr. Verf. bei seiner Theorie voraus.

Höhe mit Wasser angefüllt, so ist kein Zweifel, daß der Strahl A B fast auf eben die Art durch die Oefnung o durchschießen werde, als wenn kein Wasser im Gefäß wäre.

Es gibt berühmte Schriftsteller, welche glauben, das Wasser falle im Wasser eben so schnell als in der Luft. Ich bin weit entfernt, dieser Meinung beizutreten; man hat sie aber auch gar nicht nöthig, um zu begreifen, wie der Strahl A B ohnunterbrochen die Oefnung ausfüllen, den Abfluß des Wassers im Gefäß verhindern, und eben hierdurch solches nöthigen werde, sich auf einerlei Höhe zu erhalten. Offenbar müßte die Dicke des Strahls A B dicker werden, wenn seine Geschwindigkeit im Durchfahren durch das Wasser im Gefäß abnähme. Nun ist es leicht, sich einen Strahl zu gedenken, der vor seiner Vereinigung mit dem Wasser im Gefäß kleiner sei, als die Oefnung, und so beschaffen, daß der vom Wasser im Gefäß entstehende Widerstand ihn genau in die Dicke ausbreite, welche der Weite der Oefnung gleich ist. Die Geschwindigkeit des Strahls mag wie sie will sein, woferne sie nur beim Eintritt in die Oefnung nicht geringer als diejenige ist, welche von der Wasserhöhe im Gefäß entstehen kann, so sieht man deutlich, daß alsdann das Wasser immer auf einerlei Höhe stehen bleiben müsse.

Siebente Bemerkung.

24. Wirft man in ein beständig voll erhaltenes mit einer Bodenöfnung versehenes Gefäß kleine Körperchen, die eine nur wenig größere specifische Schwere als das Wasser haben, so bemerkt man, daß diese kleine Körperchen anfangs vertikal niedersinken, wenn sie aber

vom Boden nur noch einige Zolle entfernt sind, so lenken sie sich gegen die Oefnung hin, und zeigen hiermit an, wie sich die Wassertheilchen selbsten, bevor sie in die Oefnung kommen, von ihrer Richtung ablenken. *) Aus diesem Bestreben aller einzelner Wasserstreifen nach der Oefnung hin hat man vorzüglich die Zusammenziehung zu erklären, welche man am Wasserstrahl beim Ausgang aus dem Gefäß bemerkt, wenn sich die Oefnung in einem dünnen Boden befindet. Der Querschnitt dieses Strahls, da gemessen wo er aufhört sich zusammen zu ziehen, (dieses geschieht ohngefehr in einer Tiefe unter dem Boden, welche dem Halbmesser der Oefnung gleich ist.) Dieser Querschnitt, sage ich, ist ziemlich genau $\frac{2}{3}$ von der Weite der Oefnung; und die Wassermenge, welche dieser zusammengezogene Strahl in gegebener Zeit gibt, beträgt nur $\frac{2}{3}$ von der Wassermenge, welche auslaufen würde, wenn die Zusammenziehung des Strahls nicht statt hätte. **)

Diese

*) Schon Bernoulli hat diesen Versuch mit kleinen Stückchen Siegellack angestellt, und der Verf. widerlegt damit offenbar selbsten seine obige Behauptung (§. 20.), indem bei dieser Ablenkung die sinkenden Wassertheilchen gegen die Oefnung hin in einen immer enger werdenden Kanal zusammentreten, folglich auch gegen die Oefnung hin immer schneller sinken müssen.

**) In dem oben angeführten Versuch einer neuen Theorie ꝛc. habe ich S. 45. bei einem Gefäß mit einer zilindrischen Röhre in der Oefnung den Querschnitt des zusammengezogenen Strahls

$$= \frac{w}{\sqrt{\left(2 - \sqrt{\left(\frac{W^2 . 1 + w^2 (v-1)}{W^2 (1+v) - w^2 . 1}\right)}\right)}}$$

anges

Dieſe Reſultate habe ich von Hrn. Boſſut entlehnt, der ſolche durch ſehr ſorgfältige Verſuche gefunden hat. *) Man kann ſie mit Zuverſicht annehmen; aber ich muß bemerken, daß ſie nur dann zutreffen können, wann nur von kleinen Oefnungen die Rede iſt. Es iſt leicht einzuſehen, daß, ſo wie die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden weiter wird, auch die Zuſammenziehung geringer werden muß, ſobald man, wie ſich nicht bezweifeln läßt, vorausſetzt, daß dieſe Zuſammenziehung von der ſchiefen Ablenkung der einzelnen Waſſerſtreifen gegen die Oefnung hin herkommen; wenn aber die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich iſt, ſo können ſich die einzelnen Streifen nicht ſchief ablenken, und es kann ſich alſo in dieſem Fall auch keine Zuſammenziehung ergeben. Man ſieht leicht, daß ſich um ſo viel mehrere einzelne Waſſerſtreifen ſchief ablenken müſſen, je größer das Bodenſtück in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche iſt. Ihre Wirkung, die bloß in der Zuſammenziehung beſteht, muß alſo gleichfalls beträchtlicher werden. Es iſt ausgemacht, daß bei einerlei Waſſerhöhe große Oefnungen mehr geben als kleine. Dieſes beweißt offenbar, daß

angegeben, wo w die Weite der Oefnung und der Röhre, W die Weite des Gefäßes, l die Länge der Röhre, und v die Waſſerhöhe im Gefäß bedeutet.

*) Schon Newton hat den Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahls, den der Oefnung = 1 geſetzt, durch Verſuche $= \frac{1}{1,41} = 0,709$ gefunden, und Poleni $= \frac{1}{1,44} = 0,694$, alſo beide größer als Boſſut, deſſen Verſuche ſolchen nur = 0,66 geben.

daß im erſten Fall die Zuſammenziehung geringer wird. Man kennt alſo die Grenzen dieſer Wirkung; mir ſcheint es aber unmöglich, ihre Abänderungen durch ein allgemeines Geſetz in aller Schärfe zu beſtimmen. *)

25. Die Friktion, welche das Waſſer am Rand der Oefnung leiden kann, iſt für nichts zu rechnen; das herabſchießende Waſſer trifft den Rand nicht. Wirklich erreicht

*) Nach meiner vorigen Angabe (in der zwoten Anmerkung zu dieſem §.) wäre der Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahls allgemein

$$= \frac{w}{\sqrt{(2 - \sqrt{\left(\frac{W^2 . l + w^2 . (v - l)}{W^2 . (l + v) - w^2 . l}\right)}}}$$

alſo für $l = 0$, d. i. für eine Oefnung ohne Röhre

$$= \frac{w}{\sqrt{(2 - \sqrt{\left(\frac{w^2 . v}{W^2 . v}\right)}}}$$

$$= \frac{w}{\sqrt{\left(2 . - \frac{w}{W}\right)}}$$

und nun, wenn w gegen W unendlich klein iſt,

$$= \frac{w}{\sqrt{2}}$$

den Newtonſchen Verſuchen gemäß; hingegen für

$$w = W,$$

$$= \frac{W}{\sqrt{(2 - 1)}} = W$$

wo

erreicht der zuſammengezogene Strahl, wenn er aus einer kleinen Oeſnung kommt, ganz ſichtbar die Geſchwindigkeit, welche der Höhe des Waſſers im Gefäß angemeſſen iſt. Die Erfahrung beweißt ſolches hinlänglich bei Springwerken. Man hat alſo den zuſammengezogenen Strahl ſo anzuſehen, als wenn er in der Oeſnung von einem ruhig liegenden Waſſerring umgeben wäre, und der Strahl könnte ſich alſo nur an der innern Fläche dieſes Rings reiben. *)

Es ſei A B (fig. 9.) der Durchmeſſer der Oeſnung C D = I O der Durchmeſſer des durchſchießenden Strahls, und die Verhältniß A B : C D ſo, daß die Fläche der Oeſnung zum Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahls ſich verhalte = 3 : 2, ſo fällt gleich in die Augen, daß der Strahl in C D nicht der ganze zur Oeſnung gehörige Strahl iſt, etwa nur enger zuſammen getrieben; denn wenn dieſes wäre, ſo müßte das Waſſer in dem kleinen Raum I C hinlänglich ſein beſchleunigt

wo ſich nämlich gar keine Zuſammenziehung ergibt. Wäre z. B. $w = \frac{3}{4} W$, ſo gäbe meine Formel den Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahls

$$= \frac{w}{\sqrt{(2 - \frac{3}{4})}} = \frac{w}{\sqrt{\frac{5}{4}}} = 0{,}894 \cdot w$$

und für $w = \frac{1}{4} W$ ergibt er ſich

$$= \frac{w}{\sqrt{(2 - \frac{1}{4})}} = 0{,}756 \cdot w$$

*) Aehnliche und noch andere Gründe, warum die Reibung des Waſſers nicht in Anſchlag kommen darf, findet man in meinen mechaniſchen und hydrodynamiſchen Unterſuchungen, S. 168 u. f.

Wenn die eingesteckte Röhre eine größere Wassermenge gibt, so kommt es daher, weil durch dieses Mittel die Zusammenziehung des Strahls in der Bodenöfnung vermindert wird, und nicht, weil das herauslaufende Wasser etwa eine größere Geschwindigkeit erhielte, so daß sie beim Ausgang aus der Röhre angesehen werden könnte, als wenn sie der ganzen Wasserhöhe über der untersten Röhrenöfnung zugehörte. *)

29. Weil man für den Abschuß des Wassers eine zilindrische am Ende ganz offene Röhre voraussetzt, so ist offenbar, daß der unterste Querschnitt keine größere Geschwindigkeit haben könne, als alle übrige Querschnitte der eingesteckten Röhre. Wenn nun das Wasser in der Röhre einerlei Geschwindigkeit hat, so kann diese Geschwindigkeit von nichts anderm bewirkt werden, als von dem Druck des über der Bodenöfnung befindlichen Wassers. **)

Man

noch nicht anführen konnte. Eben diese Bewandniß hat es mit allen folgenden Anführungen des Bossütischen Werks.

*) Bei wirklichen Anwendungen, die in der Atmosphäre geschehen, muß allerdings auf die ganze Wasserhöhe Rücksicht genommen werden, so lang die vertikale Tiefe der eingesteckten Röhre nicht höher als 31 bis 32 Rhl. Fuß beträgt. s. meinen oben angeführten Versuch einer neuen Theorie ꝛc.

**) Bei Anwendungen in der Atmosphäre ist dieser Satz falsch. Hier rührt der Druck nicht vom Wasser im Gefäß allein, sondern zugleich von der Atmosphäre her. Es sei nämlich der Druck der Atmosphäre einer Wassersäule gleich von der Höhe k, und die vertikale Höhe der

Röhre

Man findet die Erklärung von der Wirkung, wel die eingeſteckten Röhren hervorbringen; wenn man an die anziehende Kraft gedenkt, welche das Waſſer glatten Körpern verbinden kann, und wenn man Zuſtand kennt, worin ſich das zunächſt an den Rän der Oefnung liegende Waſſer befindet.

Wenn man die flache Hand, oder ſonſt einen glat Körper, an die Richtung eines durch eine Röhre vorſchießenden Waſſerſtrahls hinhält, ſo daß ſolcher eben berührt wird; und wenn man nun die Lage der nd oder des glatten Körpers verändert, ſo iſt man Stand den Waſſerſtrahl, wenn er klein iſt, ziem beträchtlich von ſeiner vorigen Richtung abzulenken, er auch nur einen Theil des Strahls, wenn er eine rächtliche Dicke hat.

Dieſer Erfolg kann nicht von der Luft herrühren; zeigt ſich auch unter dem Recipienten einer Luftpumpe, d er entſteht von der anziehenden Kraft, die das Waſ mit dem glatten Körper verbindet.

31.

Röhre $= \lambda$, die Waſſerhöhe im Gefäß h, ſo iſt der Druck von oben herab gegen die Bodenöfnung einer Waſſerſäule gleich von der Höhe $k + h$, dieſem Druck iſt aber von unten hinauf der Druck einer Waſſerſäule von der Höhe $k - \lambda$ entgegengeſetzt, und es bleibt alſo noch der ganze Druck von oben herab gegen die Bodenöfnung $= k + h - (k - \lambda) = h + \lambda$, folglich ſchießt das Waſſer aus dem Gefäß in die Röhre durch die Bodenöfnung ſchon mit der zur ganzen Waſſerhöhe $h + \lambda$ gehörigen Geſchwindigkeit, und ſtößt die Waſſerſäule aus der Röhre beſtändig mit dieſer Geſchwindigkeit fort.

31. Wenn das Waſſer durch eine kleine Oefnung in einer dünnen Platte auslauft, ſo erfolgt die Zuſammenziehung des Strahls, und das Waſſer ſchießt dennoch ſehr nahe mit der Geſchwindigkeit heraus, die der wirklichen Waſſerhöhe zugehört, wie die Springwerke beweiſen. Es ſpringt aus der Oefnung nur ein Strahl von der Dicke, die der Zuſammenziehung gemäß iſt.

Es iſt kein Zweifel, daß der bleibende Waſſerring von dem geſammten Gewicht der obern Waſſerſäule gedruckt wird; und wenn er nicht mit abſchießt, ſo kann ſolches daher rühren, daß die Richtung ſeiner Bewegung gegen die Lage der Oefnung ſolches nicht geſtattet. Die Wirklichkeit dieſes Erfolgs iſt unleugbar, und man erſiehet nun die Urſachen, die ihn bewirken können.

32. Man bemerkt, daß ſämmtliche Waſſerſtreifen, in der Entfernung einiger Zolle vom Boden betrachtet, gegen die Oefnung hin konvergiren. Jeder von ihnen läßt ſich als die Wirkung einer Kraft anſehen, die ſich in zwo andere zerlegt gedenken läßt, die eine auf den Boden ſenkrecht, die andere mit dem Boden gleichlaufend. In dem Augenblick, wo alle Streifen in der Oefnung anlangen, hängen ſie noch von dieſen beiden Kräften ab. Das niederſinkende Waſſer kann als das Reſultat von der Wirkung derer Kräfte angeſehen werden, die oben herab angewendet werden; die übrigen dem Boden gleichlaufenden Kräfte müſſen, wenn ſie ihren Effekt haben ſollen, nach ſolcher Richtung gegen die übrige Waſſermaſſe drucken.

Die Art von Hohlkehle, die man von der Oefnung herab bis an die Stelle des kleinſten Durchmeſſers des

zuſam-

zuſammengezogenen Waſſerſtrahls bemerkt, wird durch die anziehende Kraft des ausſchießenden Waſſers verurſacht, indem ſolches die zunächſt bei I und O liegenden Waſſertheilchen nach ſich zieht; die Zuſammenziehung iſt alſo nur ſcheinbar, und ohne die eben erwähnte anziehende Kraft würde der durch eine Oefnung in einer dünnen Platte ſchießende Waſſerſtrahl in eben der Dicke aus der Oefnung abſchießen, die er gleich darunter hat.

33. Bringt man an der Oefnung eine kurze zilindriſche Röhre an, die von innen recht glatt iſt, und man verſchließt nun ſolche, ſo füllt ſie ſich ganz mit Waſſer an. Läßt man hiernächſt dem Waſſer freien Lauf, ſo wird das Waſſer, das ſich an den Rand der Oefnung angelegt hätte, wegen ſeiner Verbindung mit demjenigen Theil der flüßigen Maſſe, welche dem Boden gleichlaufend getrieben wird, ſolchen ablenken und nach der Richtung der Röhre fortzuſchießen nöthigen.

Die eingeſteckte Röhre bewirkt auf dieſe Art einen ſtärkern Abfluß; ſie vergrößert aber nicht die Geſchwindigkeit des Waſſers, und man darf ſogar nicht einmal zweifeln, daß die zunächſt an der Röhrenwand liegenden Waſſerſtreifen langſamer abſchießen, als die näher am Mittelpunkt gelegenen.

34. Da man die Wirkung geſehen hat, welche die anziehende Kraft der Röhrenwände auszuüben vermag, ſo folgt unleugbar, daß je beträchtlicher die Kräfte ſind, welche auf das Waſſer mit dem Boden gleichlaufend wirken, oder je höher der Waſſerſtand im Gefäß iſt, um ſo viel ſchwieriger es auch ſein müſſe, das Waſſer zu einem ganz vollen Lauf durch vertikale Oef-

nungen zu nöthigen. Es ist auch sehr leicht, den Zusammenhang des Wassers mit den Wänden aufzuheben. 1)

35. Noch ein vorzüglicher Umstand zur Bestätigung solcher Vermuthungen, wie ich hier angeführt habe, ist dieses, daß kurze eingesteckte zilindrische Röhren, sie mögen nach einer schiefen Richtung wie man will, und selbst vertikal eingesteckt seyn, allemal den Ausfluß vergrößern. Es ist nichts natürlicher, als diesen Erfolg eben der Ursache zuzuschreiben. In Fällen, die sich dem letztern nähern, kann man die Vergrößerung des Abflusses von keiner Beschleunigung herleiten. *) Es ist sogar gewiß, daß bei Springwerken, wo der Strahl aus zilindrischen Röhren fährt, das Wasser sich nicht so hoch erhebt, als wenn der Strahl durch dünne Platten emporsteigt. Die Geschwindigkeit des Wassers ist also alsdann geringer, welches mit unserer Theorie genau zusammenstimmt. Ich werde bei dem Artikel von den Springwerken eine Ursache anzeigen, die sich mit der Vergrößerung der Oefnung vereinigt, um die Geschwindigkeit durch die zilindrischen Springstöcke zu vermindern.

36. Hier folgt das Resultat mehrerer Erfahrungen, die sich sehr gut aus unserer Theorie erklären lassen.

1. Wenn

1) Ich habe mehrmalen den Versuch gemacht, daß sich durch ganz leises Anschlagen an die Röhre mit einem Schlüssel, das Wasser von der Wand losrisse, und sich vom obern Boden wie bei einem Ausfluß durch eine Oefnung in einer dünnen Platte ablenkte. Hrn. Bossüt Hydrod. P. II. chap. IV. pag. 63.

*) s. die Anmerkungen zu No. 29.

1. Wenn man ſtatt einer zilindriſchen Röhre eine koniſche einſteckt, 2) ſo daß die kleinere Oefnung ins Gefäß gekehrt iſt, ſo gibt ſolche mehr Waſſer, als eine zilindriſche Röhre, die mit der ins Gefäß gekehrten Oefnung gleiche Weite hat. Dieß rührt daher, wenn einmal das Waſſer, welches den zuſammengezogenen Strahl umgibt, und an der Oefnung anliegt, an der Röhrenwand anhängen und längſt ſolcher abfließen kann, ſo ſchießt es ganz frei ab, und trägt nichts mehr dazu bei, die Geſchwindigkeit des näher am Mittelpunkt der Oefnung laufenden Waſſers zu verzögern. 2. Wenn man an einem Gefäß koniſche Röhren anbringt, ſo daß die größere Oefnung ins Gefäß gekehrt iſt, und man gibt dieſer größern Oefnung nach und nach verſchiedene Weiten, ſo findet man, daß dergleichen Röhren, wenn der Unterſchied beider Oefnungen nicht beträchtlich iſt, in einerlei Zeit mehr Waſſer geben, als zilindriſche Röhren von eben der Länge, deren Weite ſo groß iſt, als die kleinere Oefnung der koniſchen. Die größte Waſſermenge ergibt ſich, wenn die Verhältniß beider Oefnungen nahe an die 2 zu 3 grenzt. Nachher nimmt die Waſſermenge allmählig ab, wird dann eben ſo groß und weiter fort kleiner als die Waſſermenge, welche aus einer zilindriſchen Röhre abfließt.

Man ſieht hieraus, daß die Neigung der koniſchen Röhrenwände nur ein künſtliches Mittel iſt, das Waſſer, welches zu ſchief gegen die Oefnung anſtoßen

 würde,

2) Hrn. Boſſüt Hydrod. P. II. chap. IV. pag. 55 u. f. ſ. auch des Poleni Abhandlung de caſtellis in der Sammlung Italieniſcher Schriftſteller.

würde, dahin zu leiten. Wird aber der Neigungswinkel beträchtlicher, so muß das Wasser beim Eintritt in die untere Oefnung unter einer schiefern Richtung anstoßen, und dieses vermindert nothwendig die Wassermenge. Ist endlich die Erweiterung völlig erschöpft, oder wird die Höhe des Kegels = o, so ist die auslaufende Wassermenge die kleinste, welche möglich ist.

37. Man hat (§. 27. §. 36.) die Mittel gesehen, wodurch man die aus einem beständig voll erhaltenen Gefäß ausfließende Wassermenge vergrößern kann, ohne die Ausflußöfnung zu erweitern. Aber man mag nun konische oder zilindrische Röhren dazu gebrauchen, so müssen solche allemal kurz sein; ohne diese Vorsicht würde die Reibung des Wassers an den Wänden seine Geschwindigkeit vermindern, und folglich auch den Abfluß aus dem Behältniß, wie wir solches in der Folge noch bemerken werden. (§. 69.)

Sonsten darf man sich nicht schmeicheln, Regeln festsetzen zu können, wornach sich die Ausflüsse durch zilindrische oder konische Röhren mit Sicherheit bestimmen ließen, weil man die Gesetze nicht ausfindig machen kann, wonach die Wände dieser Röhren auf die Beugung der zunächst bei der obern Oefnung befindlichen Wassertheilchen wirken.

38. Die Gesetze zur Bestimmung der auslaufenden Wassermengen können mit keiner erträglichen Sicherheit angewendet werden, wenn nicht das Wasser durch dünne Platten abschießt; aber in eben diesem Fall kann ihre Genauigkeit beträchtlich leiden, wenn, wie sich nicht bezweifeln läßt, die Zusammenziehung des Strahls um

so

ſo viel kleiner wird, je größer die Oefnung in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche iſt. Man weiß, daß bei einer ſehr kleinen Oefnung die Dicke des zuſammengezogenen Strahls $\frac{1}{2}$ davon beträgt, und daß die Zuſammenziehung völlig verſchwindet, wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich iſt; man weiß aber das Geſetz nicht, wonach ſich dieſer Erfolg abändert. *)

39. Die beſten Schriftſteller der Hydraulik ſchreiben vor, man ſolle, was auch die Oefnung für ein Verhältniß gegen die ganze Bodenfläche habe, den Querſchnitt des zuſammengezogenen Waſſerſtrahls zu $\frac{1}{2}$ der Oefnung anſchlagen. Ohnſtreitig wird dieſe Zuſammenziehung zu ſtark angenommen, wenn die Oefnung z. B. nur $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche beträgt **); da aber dieſe Schriftſteller in dem nämlichen Fall zugleich vorausſetzen, das Waſſer ſtröhme mit einer Geſchwin-

*) Die oben (Anm. §. 24.) angeführte Formel, wonach der Querſchnitt des zuſammen gezogenen Strahls

$$= \frac{W}{\sqrt{\left(2 - \frac{W}{W}\right)}}$$

beſtimmt dieſes Geſetz für die Ausübung genau genug.

**) Die Anwendung meiner Formel gibt hier

$$\frac{W}{\sqrt{(2 - \frac{1}{10})}} = \frac{W}{1{,}38} = 0{,}724 \cdot W$$

welches mit $\frac{1}{2}$ W oder 0,625 . W verglichen, den Strahl faſt um $\frac{1}{6}$ ſtärker gibt, als ihn andere Schriftſteller annehmen.

digkeit durch die Oefnung, die dem Fall von der Höhe des Gefäßes herab zugehörte, so wird hiermit die vorige Vorausſetzung einigermaßen wieder gut gemacht. Sie nehmen die Dicke des Strahls zu gering an, dagegen aber die Geſchwindigkeit zu groß.

40. Hier folgen die Regeln, an die man ſich nach unſerer Meinung halten muß. So oft man den Ausfluß durch kleine Oefnungen beſtimmen will, muß man den Querſchnitt des Waſſerſtrahls nur zu $\frac{2}{3}$ von der Weite der Oefnung in Rechnung bringen, und nur dieſen verminderten Querſchnitt bei Vergleichung der Oefnung mit der ganzen Bodenfläche gebrauchen. Wollte man z. B. bei einem Gefäß, deſſen Bodenöfnung $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche betrüge, die auslaufende Waſſermenge beſtimmen, und bringt nun den Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahls auf $\frac{2}{3}$ der Oefnung, ſo beträgt dieſer Querſchnitt nur $\frac{2}{3}\frac{1}{10} = \frac{1}{15}$ vom Boden. Nun ſtellt man die Rechnung ſo an, als wenn keine Zuſammenziehung vorhanden wäre, und das Waſſer als ein vollkommen flüßiger Körper ganz und gar den Eindrücken der Schwere folgte. Die ſich ergebenden Reſultate müſſen allemal die wirklichen Waſſermengen um etwas übertreffen; wenn aber die Oefnungen groß ſind, und eben die Berechnung für die Zuſammenziehung des Strahls angeſtellt wird, ſo gibt ſolche die Zuſammenziehung zu ſtark an, und die hiernach berechneten Waſſermengen fallen geringer aus, als ſie der Ausfluß wirklich ergibt. Da man inzwiſchen das Geſetz nicht kennt, wonach die Zuſammenziehung des Strahls ſtärker oder geringer wird, ſo darf man ſich auch keine Hofnung machen, über den Ausfluß des Waſſers ſcharfe Beſtimmungen

anzu-

angugeben, ſelbſt wenn ſolches durch Oefnungen in dünnen Platten ablauft.

Dritter Abſchnitt.

Geſetze für den Ausfluß des Waſſers aus einem graden zilindriſchen oder prismatiſchen Gefäß, das ſich durch eine im Boden angebrachte Oefnung ausleert.

41.

Wann die Oefnung ſehr klein iſt, ſo kann die Geſchwindigkeit, womit das Waſſer abfließt, bei einem beſtändig voll erhaltenen Gefäß ſo angeſehen werden, wie ſie durch den freien Fall eines ſchweren Körpers von der Höhe des Gefäßes erlangt würde. In dieſem beſondern Fall können die gemeinen Galileiſchen Geſetze von der Beſchleunigung auf die Bewegung flüſſiger Maſſen angewendet werden. Aus dieſen Regeln läßt ſich leicht ſchließen, daß, wenn man ein mit Waſſer angefülltes Gefäß hat, welches ſich durch eine Bodenöfnung ganz ausleert, in eben der Zeit, die zu dieſer völligen Ausleerung erfodert wird, aus dem nämlichen Gefäß doppelt ſo viel Waſſer auslaufen würde, wenn es beſtändig voll erhalten würde. Es nimmt nämlich, ſo wie das Gefäß immer leerer wird, die Höhe des Waſſers alle Augenblick ab. Da ſich die nach einander folgenden Geſchwindigkeiten allemal wie die Quadratwurzeln aus den Höhen verhalten, ſo kann man ſie durch die Ordinate einer Parabel vorſtellen. Sie nehmen eben ſo ab, wie die Geſchwindigkeit eines grade aufwärts geworfenen Körpers; da aber ein ſolcher Körper, wenn

43. Man kann in jedem besondern Fall den Unterschied der ausgelaufenen Wassermengen erkennen, nachdem das Gefäß sich ausleert oder beständig voll erhalten wird.

Je kleiner die Oefnung wird, desto größer ist die zur Ausleerung des Gefäßes erfoderliche Zeit, und diese wächst in der nämlichen Verhältniß, wie die Anzahl derer über der ganzen Bodenfläche stehenden Wassersäulen, welche die Weite der Oefnung zur Grundfläche haben. Man kann daher folgende Proportion annehmen: die Oefnung zur ganzen Bodenfläche, wie die Zeit, welche in dem Fall, wann der Boden ganz weggenommen wäre, zur Ausleerung des Gefäßes erfodert würde, zu der Zeit,

der Schwere zu folgen; aber Schade, daß seine Fundamentalformel schon unrichtig ist, folglich auch aus seinen daher geleiteten Schlüssen keine Erklärung dieser Erscheinung genommen werden kann, s. die vorige Anmerk.

Mariotte hatte ein Gefäß mit einer Röhre, und solches leerte sich in 4 Minuten aus; als das Gefäß nun beständig voll erhalten wurde, lief eben so viel Wasser nicht in 2, sondern in $2\frac{2}{7}$ Minuten ab. Diesen Umstand, der hier so beträchtlich war, erkläre ich, um mich in wenige Worte zu fassen, ganz kurz aus der ausbreitenden Kraft der Röhre, die der zusammenziehenden der Bodenöfnung entgegen gesetzt ist; beim voll bleibenden Gefäß ist nun beider Unterschied immer gleich groß, bei dem sich ausleerenden aber wird er immer größer, nämlich der Strahl beständig schwächer, also immer leichter aus seiner schiefen Richtung in die grade längst der Röhre abzuziehen, daher die Zusammenziehung des Strahls bei letzterm immer unbeträchtlicher wird.

Zeit, worin sich solches durch die Oefnung ausleeren würde. *)

Wenn die Zeit bekannt ist, die ein Gefäß nöthig hat, sich durch die Oefnung auszuleeren, so muß man die Wassermenge suchen, die es in eben der Zeit unter der Voraussetzung, daß es beständig voll erhalten werde, geben wird.

Man muß die Wassermenge für einerlei Zeit mit einander vergleichen; der Unterschied, den man findet, kommt, wie ich gesagt habe, um so viel größer heraus, als die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden kleiner ist, und er verschwindet völlig, wann die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich wird. Für ein 15 Fuß hohes Gefäß, dessen Oefnung den 10ten Theil der ganzen Bodenfläche beträgt, hätte man die Verhältniß 1 : 10 = 1″ : 10″ das ist: es würden in diesem Fall 10″ zur völligen Ausleerung erfodert; weil aber der aus diesem Gefäß, wenn es beständig voll erhalten würde, ausfließende Wasserzilinder 28½ Fuß in einer Sekunde beträgt, so muß die in 10 Sek. auslaufende Wassermenge

*) In mathematischer Schärfe ist dieser Satz nicht richtig, weil es nicht in aller Schärfe wahr ist, daß bei einem Gefäß mit einer Oefnung im Boden die Geschwindigkeit umgekehrt so abnimmt, wie sie beim Gefäß ohne Boden wächst, indem sie im erstern Fall erst einige Zeit, so kurz solche auch sein mag, nöthig hat, um von 0 bis zur größten zu wachsen, und von diesem Augenblick der erlangten größten Geschwindigkeit an, erst wieder bis auf 0 abnimmt. Außerdem sollte es auch statt: die Oefnung verhält sich ꝛc. heißen: die auf die Dicke des zusammengezogenen Strahls reducirte Oefnung ꝛc.

menge einem Zilinder gleich ſein, der die Oefnung zur Grundfläche und 285 Fuß zur Länge hätte.

Es ergibt ſich aber die im Gefäß enthaltene Waſſermenge durch das Produkt aus der Größe der Grundfläche in die Höhe, oder durch 10 . 15 = 150.

Die ausfließenden Waſſermengen aus einem Gefäß, das ſich ausleert, und aus einem ſolchen, das beſtändig voll erhalten wird, verhalten ſich alſo für einerlei Zeit unter einander wie 150:285; hieraus folgt, daß das beſtändig voll erhaltene Gefäß um eine halbe Sek. länger als das ſich ausleerende Gefäß laufen müßte, um die doppelte Waſſermenge zu geben.

Es iſt unnöthig zu erinnern, daß die hier von uns vorgetragenen Regeln wegen der Zuſammenziehung des Strahls ihre Abänderung leiden; wenn übrigens, wie wir dafür halten, dieſe Zuſammenziehung mit der Höhe des Waſſers im Gefäß, und in der Verhältniß, wie die Oefnung größer wird, abnimmt, ſo iſt kein Zweifel, daß der Ausfluß aus einem Gefäß, das ſich ausleert, in Fällen, die ſich denen von uns ſo eben bemerkten nähern, etwas ſchleuniger erfolge, als wir geſagt haben.

Vierter Abſchnitt.

Eine andere Methode, den Ausfluß des Waſſers aus graden prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen mit Bodenöfnungen zu unterſuchen.

44.

Bei Beſtimmung des Ausfluſſes (§. 15.) haben wir die abſolute Schwere in zwo Kräfte zerlegt, die eine

eine ſenkrecht auf die ſchiefe Ebene, welche das auf den Boden des Gefäßes druckende Gewicht vorſtellt; und die andere nach der Richtung der ſchiefen Ebene, welche die Schwere vorſtellt, welche die Waſſermaſſe wirklich niedertreibt. Wenn man vorausſetzt, daß die abſolute Schwere und der Widerſtand, welchen der Boden entgegenſetzt, einerlei Richtung haben, und daß die horizontalen Querſchnitte des Waſſers beſtändig einander parallel bleiben, und keine andere Bewegung haben als nach vertikaler Richtung, ſo findet die Zerlegung der Kräfte nicht mehr ſtatt, und man muß ihren Unterſchied nehmen, um die Geſchwindigkeit des Waſſers zu beſtimmen.

Wenn z. B. die Oefnung $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche beträgt, ſo druckt auf den Boden $\frac{2}{10}$ der ganzen im Gefäß enthaltenen Waſſermaſſe; und wenn man annimmt, es ſenken ſich alle Waſſertheilchen vertikal niederwärts, ſo wird ſich der Ausfluß eben ſo verhalten, als wäre die hier wirkende Schwere nur $\frac{1}{10}$ von der gemeinen Schwere. *) Nun weiß man aus den Grundſätzen der Mechanik, daß die Kraft, welche einen Körper längſt einer ſchiefen Ebene hinabtreibt, die in der Verhältniß der Höhe zur Länge der ſchiefen Ebene verminderte Schwere iſt. Man gedenke ſich alſo eine ſchiefe Ebene, deren Länge A C (fig. 10.) ſich zur Höhe A B verhält, wie die abſolute Schwere zu der Schwere, welche der Waſſermaſſe noch übrig iſt; weil nun in der Zeit,

*) Ich habe mich dieſer Methode, wiewohl auf eine noch allgemeinere Art in dem mehr angeführten Verſuch einer neuen Theorie ꝛc. III. Kap. bedient.

Zeit, worin ein schwerer Körper von der Höhe A B frei herabfallen würde, der nämliche Körper auf der schiefen Fläche nur bis zu dem Punkt D gelangen würde, wo das aus dem Punkt B auf A C gefällte Perpendikel diese letztere Linie trifft, so zeigt A D den Raum an, den die bewegte Masse vermöge ihrer veränderten Schwere durchlauft.

45. Wir wollen annehmen, das Gefäß, dessen Bodenöfnung $\frac{1}{20}$ der ganzen Bodenfläche betrage, sei 15 Fuß hoch, so wird die Schwere des Wassers im Gefäß nur $\frac{1}{30}$ der absoluten Schwere betragen; das Wasser wird also in einer Sekunde nur $\frac{1}{2}$ Fuß tief sinken; wenn man aber voraussetzt, daß es sich mit der einmal erlangten Geschwindigkeit gleichförmig fortbewege, so wird es in jeder Sekunde beständig fort um einen Fuß tief im Gefäß sinken.

Um die Geschwindigkeit, womit das Wasser durch die Oefnung schießt, zu bestimmen, muß man die Länge des in einer gegebenen Zeit im Gefäß sinkenden Wasserzilinders in der Verhältniß vergrößern, in welcher der Boden des Gefäßes größer ist als die Oefnung. Im gegenwärtigen Fall wird ein 30 Fuß langer Wasserzilinder auslaufen. Betrüge die Oefnung $\frac{1}{20}$ des Bodens, so ergäbe sich die Geschwindigkeit des Wassers im Gefäß, wann es zur Gleichförmigkeit gekommen wäre, $= \frac{2 \cdot 15}{20} = 1\frac{1}{2}$ Fuß. Die Höhe des aus der Oefnung in eben der Zeit herausschießenden Wasserzilinders wird 20mal so groß, folglich 30 Fuß. Macht man nach und nach die Oefnung $\frac{1}{17}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ ꝛc. von der ganzen Bodenfläche, so findet man für alle mögliche Fälle, nach dieser

ſie Theorie, daß das Waſſer aus dem Gefäß mit der nämlichen Geſchwindigkeit abſchießt, die es durch den freyen Fall von der Höhe des Gefäßes herab erlangen würde.

Die Reſultaten dieſer Theorie ſtimmen mit der Erfahrung nur in dem Fall überein, wann die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden ſehr klein iſt. So wie ſich die Weite der Oefnung der ganzen Bodenfläche nähert, ſo wird die Höhe, zu der ſich der Strahl erhebt, geringer. Wäre dieſe Theorie richtig, ſo müßte der Waſſerſtrahl in allen Fällen auf einerlei Höhe ſteigen, *) und

*) Allerdings folgt dieſes aus jeder auf die allgemeinen Grundſätze der Mechanik gebauten Theorie; daß nun aber dieſer Erfolg in der Ausübung anders ausfällt, beweißt keineswegs, daß die Theorie nicht den ächten Grundſätzen von den Wirkungen der Schwere gemäß iſt, ſondern daß dieſen Wirkungen Hinderniſſe in den Weg kommen, welche ſolche ſchwächen, und welche in der Theorie noch nicht bekannt genug ſind; dahin gehört nun außer dem Widerſtand der Luft und einem Umſtand, den ich unten in der Lehre von den Springwerken erwähnen werde, vorzüglich dieſer, daß nicht alle einzelne Streifen des Waſſerſtrahls einander parallel aufſteigen, ſondern unter verſchiedenen Winkeln gegen einander fahren, daher ſie dann ihre Wirkung unter einander ſelbſt verſchwächen, und den aufſteigenden Strahl frühzeitig aus einander und ſeitwärts treiben, ſo daß er die Höhe, zu der er ohne dieſen Umſtand ſteigen würde, nicht erreichen kann. Die von dieſem Umſtand herrührende Verminderung der Höhe des Waſſerſtrahls muß um ſo viel beträchtlicher werden, 1) je größer die Geſchwindigkeit iſt, womit der Strahl aus der Oefnung emporſteigt, d. i.

und wann die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich würde, so müßte aus dem Gefäß in eben der Zeit, worin ein schwerer Körper von der Höhe des Gefäßes fiele, doppelt so viel Wasser ablaufen, als das Gefäß faßt; dieses ist aber offenbar ungereimt. *)

Setzt

je beträchtlicher die Höhe der Fallröhre ist, wie solches auch die Mariottischen Versuche beweisen; 2) je beträchtlicher die Dicke ist, in welcher der Strahl aus der Oefnung in die Höhe steigt, weil alsdann die mehrern Wasserstreifen einander um so viel mehrere Hindernisse in den Weg legen, und ihre Wirkung unter einander um so viel eher verschwächen müssen. Wie nun sowohl aus der Höhe der Fallröhre, als aus der Dicke des Strahls die Verminderung der Höhe, zu der er sich, wann jedes einzelne Wassertheilchen nach den bloßen Eindrücken der Schwere sich ungestört fortbewegte, nach einer richtigen Theorie erheben müßte, bestimmt werden könne, das hat man bisher noch durch keine Theorie vermocht. Da nun auch die Theorie des Hrn. Verf. hierzu nicht die geringste Anleitung gibt, so sehe ich nicht, wie aus dem von Hrn. Verf. angeführten Umstand der geringste Verdacht gegen die Richtigkeit der vorher erklärten Theorie geschöpft werden könne. Er greift nicht die Gründe an, sondern schließt nur aus dem Erfolg auf die Unrichtigkeit der Theorie, da doch solcher nichts weiter beweißt, als daß die Theorie, die an sich in Verbindung mit der Bernoullischen Formel ihre gute Richtigkeit hat, gewisse Hindernisse außer Acht läßt, die sich bloß aus der Erfahrung bestimmen lassen. s. den mehr angeführten Versuch einer neuen Theorie ꝛc.

*) Der hier erwähnte Erfolg ist so weit von Ungereimtheit entfernt, daß er vielmehr Versuchen, die in der Atmosphäre angestellt werden, ganz gemäß ist, wann die

Voll-

Setzt man hingegen nur voraus, daß das Wasser aus dem Gefäß in der Zeit, worinnen ein schwerer Körper von der Höhe dieses Gefäßes frei herabfiele, nur mit einer durch die Größe A D ausgedruckten respektiven Schwe-

Vollerhaltung des Gefäßes ohne Boden aus einem das mit verbundenen sehr großen Behältniß ohne merkliche Zusammenziehung geschieht; es ist nämlich die der Geschwindigkeit in der Oefnung zugehörige Höhe allemal $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot 2$ in der schon oben (§. 42. *) erklärten Bedeutung. Im luftleeren Raum aber wäre die Vollerhaltung des gleichweiten Gefäßes ohne Boden auch aus einem unendlich weiten Behältniß gar nicht zu bewerkstelligen, weil die in dem Gefäß ohne Boden enthaltene Wassersäule nach Wegnehmung des Bodens sogleich wie jeder schwere Körper mit beschleunigter Bewegung herabfiele, das Wasser aus dem Behältniß aber nicht mit eben der Geschwindigkeit in das Gefäß fallen könnte, mit der es in dessen unterer Ausflußmündung wegen des längern Falls ankommen müßte. Es wäre also in diesem Fall die Vollerhaltung des Gefäßes ohne Boden nur unter der Bedingung möglich, wann in jedem Augenblick die Geschwindigkeit des Einflusses aus dem Behältniß ins bodenlose Gefäß eben so wie die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers zunähme, d. i. für die beständige Vollerhaltung des bodenlosen gleichweiten Gefäßes müßte die Geschwindigkeit des Wassers ohne Ende wachsen, wenn der Versuch im leeren Raum gemacht würde.

So wäre also der Satz, daß im Beharrungsstand der Bewegung aus dem bodenlosen Gefäß unendlich mehr Wasser als das Gefäß faßt, in eben der Zeit laufen müsse, worin ein schwerer Körper von der Höhe des Gefäßes herabfiele, nicht einmal ungereimt, sondern,

Schwere niederſänke, ſo würde die Theorie nur für den Fall ſtatt haben, wo die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich iſt. *)

46. Die nur erklärte Theorie iſt, aus jedem Geſichtspunkt betrachtet, falſch. **) Einige ſogleich folgen-

wo von der bloßen Wirkung der Schwere ohne Rückſicht auf die Atmoſphäre die Rede iſt, in aller Strenge wahr.

*) Die Vorausſetzung einer beſchleunigten Bewegung geht überhaupt nicht an, wenn man nicht die Sache ſo betrachtet, wie ich in dem oben angeführten Verſuch ꝛc. gethan habe; wenn aber auf ſolche Art die Bewegung im Gefäß beſtändig beſchleunigt iſt, ſo müſſen doch, wenn einmal die Waſſertheilchen aus der oberſten Fläche bis zur Ausflußöfnung herabgefallen ſind, und nun der Abfluß beſtändig auf gleiche Art fortgehen ſoll, beſtändig mit eben der Geſchwindigkeit von oben herab in die Oefnung ankommen, folglich nothwendig mit der einmal in der Oefnung erlangten Geſchwindigkeit beſtändig fortlaufen, wie in dem am Anfang dieſes §. vom Hrn. Verf. angenommenen Fall. Ich ſehe daher gar nicht, wie ſich hier zween Fälle unterſcheiden und der hier erwähnte andere Fall annehmen laſſe, da ſolcher eben die Folge gibt, die am Anfang des §. angenommen worden.

**) In den Noten zum vorigen §. habe ich meine Gedanken hierüber ſchon eröfnet.

Die Theorie, welche der Hr. Verf. im vorigen §. vorgetragen hat, iſt allerdings den Grundſätzen der Mechanik zuwider, wie ich ſchon von dem am Ende ſolchen §. erwähnten Fall in dortiger Note beſonders bemerkt habe; die aus dem andern Geſichtspunkt am Anfang des vorigen §. hergeleitete Theorie iſt nur nicht genau

folgende Betrachtungen werden unſere darüber geäußerte Meinung beſtätigen, und zugleich die obige (§. 152.) noch weiter darthun.

1) Es iſt ſchlechterdings unmöglich, daß diejenigen Waſſerſtreifen, welche vom Boden des Gefäßes unterſtützt werden, vertikal herabfallen oder niederſinken; ſie müſſen nothwendig ſchiefen Richtungen folgen, wie ſolches Hr. d'Alembert bemerkt hat, und wie es auch die Erfahrung beweißt. Wenn nun die einzelnen Waſſerſtreifen keine vertikale Richtung annehmen, ſo bewegen ſie ſich nicht bloß mit einer Schwere, welche der Differenz der abſoluten Schwere und der Schwere der vom Boden getragenen Waſſermaſſe gleich iſt, ſondern mit einer noch größern Kraft. *) So wie ſich dieſe Kraft

nau genug, indem ſtatt der Höhe des Gefäßes a allemal $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot a$ geſetzt werden muß, da dann die Geſchwindigkeit des Waſſers an der Oefnung $= 2\sqrt{\left(15 \cdot \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot a\right)}$ den allgemeinen mechaniſchen Grundlehren gemäß gefunden wird. ſ. meinen Verſuch einer neuen Theorie ꝛc. III. Kap. §. 112.

Nur für Fälle, wo w^2 gegen W^2 unbeträchtlich iſt, wird der Fehler in der vom Hrn. Verf. am Anfang des vorigen §. erklärten Theorie unmerklich.

*) Hiermit beweißt der Hr. Verf. offenbar ſeinen Satz nicht; er decidirt nur, ohne zu beweiſen. Angenommen, daß die einzelnen Waſſerſtreifen ſchief gegen die Oefnung abgelenkt werden, (welches doch mit dem eigenen Vortrag des Hrn. Verf. §. 20. u. §. 14. nicht beſtehen kann) ſo ſehe ich doch nicht, wie ſolches dem Satz

in Richtungen äußert, welche von der vertikalen abweichen, so muß die Zerlegung der Kräfte statt haben. Es ist aber die durch den Boden aufgehobene Kraft, so wie die absolute Schwere bekannt; man kann also aus diesen gegebenen Größen die Kraft finden, von der das Wasser noch wirklich getrieben wird.

2) In der Formel (§. 15.) bedeutet x die Höhe des Wasserzilinders, dessen Grundfläche die ganze Bodenfläche ist, welcher in eben der Zeit aus dem Gefäß lauft, worin ein schwerer Körper von der in der Formel durch a ausgedruckten Höhe frei herabfallen würde; man darf aber keineswegs schließen, daß, wann die Geschwindigkeit des Wassers gleichförmig geworden ist, aus dem Gefäß eine Wassermasse, deren Grundfläche dem Boden

entgegen sei, daß das Wasser von einer respektiven Schwere, die, wie am Anfang §. 45. bestimmt wird, im Gefäß niedergetrieben werde. So lang das Wasser als vollkommen flüßig angenommen wird, kann der Erfolg dieser schiefen Richtungen nur dieser sein, daß die weiter von der Oefnung weg nach der Wand hin liegenden Wassertheilchen langsamer als die übrigen niedersinken; da sie hingegen auch einen längern Weg zu durchlaufen haben, und daher aus doppeltem Grund längere Zeit als die übrigen unterwegs zubringen, so werden sie, wie die Mechanik strenger beweißt, dennoch eben so während ihres ganzen Wegs im Gefäß beschleunigt, und erhalten, bis sie zur Oefnung kommen, eben die nämliche Geschwindigkeit wie andere Wassertheilchen, welche mehr vertikal sinken. Sonst könnte es auch, wie doch die Erfahrung bestätigt, nicht gleichgültig sein, ob die Oefnung in der Mitte des Bodens oder seitwärts näher an der Wand angebracht wäre.

den und deren Höhe = 2 x wäre, auslaufen könne; man darf nur die gesammte Bewegung betrachten, welche das Wasser in einer gegebenen Zeit erlangen kann. Nun ist das Gefäß nach der Voraussetzung beständig voll; die Schwere kann also in eben der Zeit nichts weiter bewirken, als daß das Wasser den nämlichen Raum durchlaufe. Wenn es möglich wäre, daß das Wasser in der Zeit, worin ein schwerer Körper von der Höhe des Gefäßes frei herabfallen könnte, in vertikaler Richtung einen Raum = 2 x durchliefe, so müßte die Schwere in eben der Zeit den höchsten Querschnitt um eine Tiefe = 2 x niedertreiben, da doch während dem die Schwere wirklich nur den Fall durch den Raum = x bewirken kann. *) Man muß alsdann die Schwere als eine an einem Kolben angebrachte Kraft betrachten, welche eben die Bewegung hätte, die das Wasser im Gefäß natürlicherweise annehmen kann; die Bewegung des Wassers würde

*) Der Hr. Verf. will hier beweisen, daß es falsch sei, für den Beharrungsstand des Ausflusses, z. B. die Länge des in 1 Sek. auslaufenden Wasserzilinders aus dem 15 Fuß hohen Gefäß = 30 Fuß zu setzen, weil die Schwere keinen höhern Fall als den von 15 Fuß in einer Sek. zu bewirken vermöge. Allein grade diese Erscheinung, die der Hr. Verf. leugnet, oder den Wirkungen der Schwere für zuwider hält, ist ein nothwendiger Erfolg aus den Bewegungsgesetzen; nach des Hrn. Verf. eigener Vorstellung müßte bei diesem Gefäß die Geschwindigkeit des Wassers in der Oefnung von 0 anfangen, und in der ersten Sekunde, worin nämlich das Wasser von der ganzen Höhe des Gefäßes herabfällt, beständig wachsen, bis sie am Ende dieser Sek. = 2 . 15 = 30 Fuß wäre, eben darum nun, weil die Schwere beständig

im Gefäß und in der Oefnung ſo lange beſchleunigt werden, bis die Zeit verfloſſen wäre, welche der Kolben nöthig hätte, um die ganze Bewegung, die er bekommen muß, zu erlangen; dieſe Zeit iſt mit derjenigen einerlei, welche ein ſchwerer Körper brauchte, um von der Höhe des Gefäßes herabzufallen.

Fünfter Abſchnitt.

Geſetze der Geſchwindigkeit des Waſſers, wenn ſolches aus einem Gefäß auslauft, das aus zweien andern graden prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen von ungleichem Durchmeſſer, die beide mit einander verbunden ſind und beſtändig voll erhalten werden, zuſammengeſetzt iſt.

47.

Es ſeien ABCD, GLMH (fig. 11.) die vertikalen Durchſchnitte zweier mit einander verbundenen Gefäße.

auf gleiche Art fortwirkt, ſo müſſen nun alle von nun an nachfolgenden Waſſertheilchen mit eben der Geſchwindigkeit von 30 Fuß beſtändig in die Oefnung nachfolgen, und es wäre ein Wunderwerk nöthig, wenn am Anfang der zweiten Sekunde, die ſchon mit der erlangten Geſchwindigkeit von 30 Fuß zur Oefnung gekommenen Waſſertheilchen aufs neue ihre Geſchwindigkeit mit 0 anfangen, und bis zum Ende der zweiten Sekunde ſolche bis zu 30 Fuß beſchleunigen, alsdann mit dem Anfang der dritten Sek. die erlangte Geſchwindigkeit von 30 Fuß wieder plötzlich in 0 verwandeln ſollten u. ſ. f. Und doch liegt ein ſo ungereimter Satz in der That bei des Hrn. Verf. Theorie zum Grund, ſ. oben §. 14. und die dortigen Anmerkungen.

fiße. Bezeichnet man ein Parallelogramm F I K E, das als der Durchschnitt eines Prisma's oder eines Zilinders von dem Inhalt, wie die beiden mit einander verbundenen Prismen oder Zilinder, angesehen werden kann, so wird sich der Ausfluß des Wassers durch dieses einzige Prisma oder Zilinder völlig eben so verhalten, wie bei den vereinigten Prismen oder Zilindern. Es ist nämlich in beiden Fällen die sinkende Wassermasse eben die nämliche, auch ist die Höhe des Falls einerlei, und es werden gleiche Theilchen dieser Wassermasse getragen.

48. Es ist klar, daß man statt sich zwei mit einander verbundene Prismen oder Zilinder zu gedenken, viele dergleichen annehmen kann, und daß der Ausfluß aus allen diesen Prismen der nämliche sein wird, wie aus einem einzigen graden Prisma, das eben die Höhe und eben den Inhalt wie alle mit einander vereinigte Prismen zusammengenommen hätte.

Man kann daher den Fall, wo der Ausfluß aus mehreren ungleich weiten Gefäßen erfolgt, sehr leicht auf ein einziges grades Gefäß bringen, und folglich die (§. §. 15. u. 16.) gegebenen Regeln anwenden.

49. Ohne Rücksicht auf die Abänderungen, welche die Zusammenziehung des Strahls erfodert, und die der Leser aus dem, was oben über diesen Gegenstand gesagt worden ist, ziemlich genau bestimmen kann, muß ich bemerken, daß diese Theorie niemalen genaue Resultate geben kann, weil es unmöglich ist, daß die ganze Wassermasse auf einmal fallen, oder die Oberfläche des Wassers horizontal bleiben könne. Der Unterschied der wirklichen Erfolge von denen, welche die Theorie gibt,

wird, um ſo viel beträchtlicher ſein, als die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden L M größer, und die Höhe des Gefäßes A B C D geringer, ſein Inhalt aber in Vergleichung mit dem Gefäß G L M H beträchtlicher iſt.

Man ſieht nämlich, daß, wenn die Oefnung O dem L M gleich iſt, alles in dem untern Prisma oder Zilinder enthaltene Waſſer frei herabfallen werde, und daß die in einer gegebenen Zeit abgelaufene Waſſermenge aus der Verhältniß der Oefnung G H zum Boden C D des Gefäßes A B C D, beſtimmt werden müſſe, wobei man jedoch auf den Einfluß Rückſicht nehmen muß, welchen das Gefäß G H L M, das hier nur die Stelle einer eingeſteckten Röhre vertritt, auf die Verminderung der Zuſammenziehung haben kann; aber offenbar iſt alsdann der Fall ganz verändert; es iſt nun nicht mehr die in den beiden Zilindern oder Prismen enthaltene Waſſermaſſe, welche in jedem Augenblick niederſinkt, ſondern es iſt bloß die in dem obern Prisma oder Zilinder enthaltene Waſſermenge. *)

50.

*) Nach des Hrn. Verf. Meinung trägt nämlich die im Boden des Gefäßes eingeſteckte Röhre (oder hier das untere Gefäß) nichts zur Vergrößerung der Geſchwindigkeit des durch die Bodenöfnung ſchießenden Waſſers bei, ſondern nach ſeiner Meinung ſchießt ſolches aus der Bodenöfnung immer mit einerlei Geſchwindigkeit heraus, es mag die Oefnung frei oder mit einer Röhre verbunden ſein; der einzige Unterſchied von beiden Fällen ſoll ſich nach des Hrn. Verf. Vorſtellung nur darin zeigen, daß im letztern Fall der Strahl voller durch die Bodenöfnung durchſchieße, oder ſich weniger zuſammenziehe als im erſtern,

50. Wenn man ſich nun bei dieſem Umſtand ein Prisma oder einen Zilinder F I K E gedenkt, ſo groß als die beiden Prismen oder Zilinder zuſammen genommen, und wenn man unter der Vorausſetzung, daß die Oefnung = L M ſei, die Waſſermenge beſtimmt, welche das Prisma oder der Zilinder auswerfen wird, ſo wird dieſe Waſſermenge größer gefunden werden, als ſie die Erfahrung wirklich geben kann; und dieſes rührt daher, weil man, wie ich ſchon geſagt habe, die in jedem Augenblick ſinkende Waſſermaſſe größer annimmt, als ſie wirklich iſt. *)

51. Wenn dieſe Betrachtungen die Schwierigkeit vor Augen legen, genaue Reſultaten zu erhalten, ſo dienen ſie inzwiſchen doch zur Beſtimmung wichtiger Grenzen. Berechnet man die Waſſermenge, welche das Gefäß F E I K in gegebener Zeit gibt, wann die Oefnung die größtmögliche d. i. der L M gleich iſt, und berechnet man hiernächſt für die nämliche Zeit die Waſſermenge, welche das Gefäß A B C D aus der Oefnung G H = L M gibt; ſo ergeben ſich zweierlei Waſſermengen, die ſich mit einander vergleichen laſſen. Der Ueberſchuß der einen über die andere gibt den größten Unterſchied an, der zwiſchen der Theorie und der Erfahrung vorfallen kann.

Inzwiſchen nimmt dieſer Unterſchied immer um ſo viel mehr ab, je kleiner man die Oefnung O in Vergleichung

ſtern, und daher nur aus dieſer Urſache mehr Waſſer gebe. Ich habe mich aber ſchon in den Anmerkungen zu §. 29. über die Unrichtigkeit dieſer Lehren erklärt.

*) ſ. die Anmerkungen zum vorigen §.

chung mit L M macht; ganz aber kann er niemalen verſchwinden, und die Reſultaten der Theorie übertreffen allemal den wirklichen Erfolg. *)

52. Hr. Boſſüt ſchlägt im gegenwärtigen Fall vor, den Ausfluß ſo anzuſehen, als wenn er aus einem zilindriſchen Gefäß erfolgte, das dem größten von beiden mit einander verbundenen Gefäßen gleich wäre; man hat aber ſo eben geſehen, daß, wenn man ſtatt der mit einander verbundenen Gefäße ein grades Gefäß von eben dem Inhalt ſubſtituirt, die Waſſermengen zu groß herauskommen. Die Reſultaten aus der Theorie des Hrn. Boſſüt müſſen ſich daher noch mehr von der Wahrheit entfernen; ich muß noch hinzufügen, daß Hr. Boſſüt allemal die Geſchwindigkeit in der Oefnung derjenigen gleich ſetzt, welche ein Körper durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes herab erlangen würde. **)

*) Es iſt gewiß, daß die Unterſuchungen über Gefäße mit eingeſteckten Röhren, zu den ſchwierigſten in der ganzen Hydrodynamik gehören. Ich habe zwar §. 29. Anm. gewieſen, wie der Erfolg ausfallen müßte, wenn das Waſſer als ein vollkommen flüßiger Körper lediglich den allgemeinen Bewegungsgeſetzen folgte, und warum alsdann das Waſſer in der eingeſteckten Röhre (oder des untern engern Gefäßes) die Bewegung des Waſſers im obern Gefäß vergrößern müßte; es iſt aber nicht zu leugnen, daß hierin die Erfahrung ungemein beträchtlich von der Theorie abweiche. Ein merkwürdiges Beiſpiel findet man bei Mariotte S. 276. der deutſchen Ueberſetzung. Aber man hat bisher für dieſe Abweichung noch kein ſicheres allgemeines Geſetz gefunden.

**) Hr. Boſſüt hat in ſeiner neuen Hydrodinamik, die ich ſchon oben angezeigt habe, dieſen Gegenſtand ſehr ausführlich behandelt.

Sechster Abschnitt.

Gesetze für die Geschwindigkeit des Wassers aus der Oefnung im Boden eines Gefäßes, das weder zilindrisch noch prismatisch ist, aber beständig voll erhalten wird.

53.

Wir können uns nicht auf alle einzelne Fragen, die bei dieser Materie vorfallen können, einlassen; wir schränken uns nur auf die wesentlichsten ein. Wenn sich das Gefäß von unten hinauf erweitert, so hat der Boden, so lange alles in Ruhe bleibt, nichts weiter zu tragen, als die unmittelbar auf ihm stehende gleich dicke Wassersäule; sobald aber der Boden AB (fig. 12.) weggenommen wird, so sinkt nicht bloß die zum Boden gehörige gleich dicke Wassersäule herab, sondern zugleich alle übrige von den schiefen Seitenwänden unterstützte Wassertheilchen.

Alle Theilchen eines jeden Querschnitts fallen mit gleicher Leichtigkeit, weil man voraussetzt, daß der Wasserspiegel beständig wagrecht bleibe. Weil nun die Größe der sinkenden Wassermasse, die Höhe des Wassers und der Diameter der Oefnung bestimmt sind, so ist klar, daß man die Fälle, wo man schiefe Gefäße hat, auf solche bringen kann, wo die Wände lothrecht auf dem Boden stehen. So würde ein Gefäß, das wie FEGH grad wäre und eben den Gehalt hätte, wie das schiefe, die nämliche Wassermenge in sich fassen, auch das Wasser darinnen die nämliche Höhe haben, und die Ausflußöfnung könnte die nämliche sein. Wir haben

aber

Wenn durch die Oefnung ſo viel Waſſer ablaufen kann, als aus der Röhre E O durch einen freien Fall wieder zufließen kann; ſo kann man das aus der Röhre kommende Waſſer ſo anſehen, als ob es beſtimmt wäre, das Gefäß A B C D beſtändig voll zu erhalten, und das Geſetz der Geſchwindigkeiten findet ſich in dieſem

ſäß C A B D die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes jeden Augenblick abnehmen, und daher der Spiegel endlich an einer Stelle ſtehen bleiben müſſe, wo die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes nicht mehr größer als die des Zufluſſes iſt. Außerdem erſchöpft aber auch dieſe Betrachtung die Sache noch nicht. Alle Anfangs geſchehen unter dem Beitritt der Atmoſphäre, deren Einfluß alſo auch nicht aus der Acht gelaſſen werden kann. Stünden ſich nun die beiden Waſſermaſſen, die in der Röhre und die im Gefäß, von einander trennen, und das Gefäß alſo nicht mehr voll bleiben, ſo müßte zwiſchen der Waſſerfläche im Gefäß und der untern Oefnung der Röhre eine Leere entſtehen, allein in dem nämlichen Augenblick würde der Gegendruck der Atmoſphäre unten gegen I das Waſſer im Gefäß, wenn ſolches nicht höher als eine Waſſerſäule iſt, die mit dem Druck der Luft im Gleichgewicht ſteht, zurückhalten, daß es gar nicht abfließen, folglich auch die Leere nicht entſtehen könnte. Aus den Anmerkungen zu §. 29. folgt, daß in dieſem Fall das Waſſer aus der Röhre eben ſo in das Gefäß ſchießt, als wenn die Röhre eine Höhe hätte, die der Höhe des Gefäßes und der Röhre zuſammengenommen gleich wäre, daß alſo auch der Abfluß aus dieſer ſummirten Höhe und der Weite der Röhre beſtimmt werden muß.

Es iſt aber noch zu überlegen, daß die Röhre E O ſelbſt nicht voll erhalten werden kann, ohne mit einem

Behält-

m Fall aus der Vergleichung der Weite der Oefnung it der Größe der Bodenfläche. Wenn endlich alles brige unverändert angenommen, die Oefnung kleiner ird, so wird die Geschwindigkeit in der Oefnung größer, nd sie läßt sich aus den obigen Lehren ziemlich genau estimmen.

57.

Behältniß verbunden zu sein, woraus das zufließende Wasser selbsten mit einer zur Höhe A C + O E gehörigen Geschwindigkeit in die Röhre fällt, da dann die Geschwindigkeit des Wassers am Ende der Röhre bei O zugleich von der Weite dieses Behältnisses abhängt; ist nämlich diese Weite = W, die Weite der Röhre w, und die erwähnte summirte Höhe = h, so ist die der Geschwindigkeit des in das Gefäß schießenden Wassers bei O zugehörige Höhe $= \frac{W^2}{W^2 - w^2} . h$, und eben das wäre die Geschwindigkeit des durch I ausschießenden Wassers, wann nämlich diese Oefnung der Weite der Röhre gleich wäre; wäre sie aber größer, nämlich = w + φ, so wäre die der Geschwindigkeit in I zugehörige Höhe $= \frac{w^2}{(w+\varphi)^2} \cdot \left(\frac{W^2}{W^2 - w^2} . h \right)$. Wäre aber die Ausflußöfnung = w − φ, so wäre die der Geschwindigkeit in I zugehörige Höhe $= \frac{W^2}{W^2 - (w-\varphi)^2} . h$. Ist hingegen die Höhe des Gefäßes unter der Röhre größer als die Höhe einer mit der Atmosphäre im Gleichgewicht stehenden Wassersäule, so verhält sich alles anders. Die Höhe der mit der Atmosphäre im Gleichgewicht stehenden Wassersäule heiße k, die Höhe der Röhre a und die des Gefäßes b, die untere Oefnung des Gefäßes n; in diesem Fall druckt

57. Die Bemerkungen, welche wir über die Bewegung des Waſſers aus Oefnungen gradet zilindriſcher oder prismatiſcher Gefäße gemacht haben, muß man auch auf den Ausfluß des Waſſers aus Gefäßen, ſich nach obenzu verengen oder erweitern, anwenden.

Ein

nun das Waſſer in der Röhre allemal eben ſo, als ob die Röhre die Höhe $k + a$ hätte, weil der Druck der Atmoſphäre unten gegen die Ausflußöfnung durch das Waſſer im Gefäß völlig aufgehoben wird, folglich die Atmoſphäre ihren ganzen Druck oben auf das Waſſer in der Röhre ausübt. Hier kann nun eine Leere unter der Röhre im Gefäß entſtehen; ſo lange dieſe Leere vorhanden iſt, nimmt die Geſchwindigkeit des Waſſers während dem Fallen durch die Röhre herab beſtändig zu; und wenn die Röhre beſtändig voll erhalten werden ſoll, ſo muß auch die Geſchwindigkeit des Waſſers ſchon beim Einfluß in die Röhre beſtändig zunehmen, folglich ohne Ende fortwachſen, da dann aber auch die Höhe des Vorrathsbehältniſſes ohne Ende wachſen müßte. Wenn aber letzteres nur eine beſtimmte Höhe haben kann, welches allemal zuletzt der Fall ſein muß, ſo findet auch dieſe ewige Beſchleunigung nicht ſtatt; das Waſſer kann mit keiner größern Geſchwindigkeit in die Röhre ſchießen, als mit der, welche der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot k$ zugehört, und der wirkliche Erfolg iſt dieſer, daß der Waſſerſtrahl nur oben beim Einſchluß in die Röhre ſo dick iſt, als die Weite der Röhre, von dieſer Stelle an aber unterwärts um ſo viel ſich verengt, als die Geſchwindigkeit durch den Fall wächſt, folglich der Waſſerſtrahl nicht die ganze Röhre ausfüllt, ſondern unterwärts ſich immer mehr von der Röhrenwand entfernt.

Wäre

Siebenter Abſchnitt.

Geſetze für die Geſchwindigkeit des Waſſers, wenn ſolches aus ſchief geſtellten prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen abſchießt.

58.

Wenn man von einem graden prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäß den Boden plözlich wegnimmt, ſo

Wäre alſo 1) $n = w$, ſo würde das Waſſer mit der zur Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot k$ gehörigen Geſchwindigkeit aus dem Gefäß abfließen, nicht aber mit der zur Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot (b + a)$; 2) Für $n < w$ müßte man dieſe Fälle unterſcheiden: entweder wäre $n \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{W^2}{W^2 - n^2} \cdot (b + a)} <$ oder $> w \cdot 2 \sqrt{\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot k}$ oder beide Ausdrücke einander gleich. Im erſten Fall könnte keine Leere entſtehen, und die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes bei I gehörte der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - n^2} \cdot (b + a)$ zu, alſo, wenn n^2 gegen W^2 unbeträchtlich wäre, der ganzen wirklichen Waſſerhöhe. Im zweiten Fall müßte, wenn dieſe ganze Waſſerhöhe wirken ſollte, mehr Waſſer ausfließen, als durch die Röhre zufließen könnte; es muß alſo in ſolchem eine Leere entſtehen, und die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes bei I kann nur der Höhe $\frac{w^2}{n^2} \cdot \frac{W^2 \cdot k}{W^2 - w^2}$ zugehören.

so hört die Wirkung der obern Wassertheilchen auf die untern auf, und die Oberfläche der sinkenden Wassermasse behält die wagrechte Lage, die sie im Stand der Ruhe hatte.

59. Wäre das prismatische Gefäß (fig. 15.) nicht grad, sondern schief, so ist bekannt, daß die Oberfläche des Wassers im Stand des Gleichgewichts und der Ruhe wagrecht sein würde. Nun stelle man sich vor, der Boden werde plötzlich weggenommen, so werden alle Wassertheilchen im Gefäß die nämliche Lage gegen einander behalten; sie werden längst der schiefen Ebene auf eben die Art hinabsinken, wie jeder andere schwere Körper thun würde. Jedes Theilchen wird der Richtung der schiefen Ebene folgen, und keines kann eine größere Geschwindigkeit erlangen als die übrigen.

60.

Im dritten Fall gehörte die Geschwindigkeit, wie im ersten der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - n^2} \cdot (b + a)$ zu. 3) Für $n > w$ würde das Wasser mit der zur Höhe $\frac{w^2}{n^2} \cdot \frac{W^2}{W^2 - n^2} \cdot k$ gehörigen Geschwindigkeit aus dem Gefäß schießen. Bei allen diesen Fällen muß noch auf die Zusammenziehung des Strahls gehörige Rücksicht genommen, d. i. w, φ und n, nicht den wirklichen Oefnungen, sondern den dicken der zusammengezogenen Strahlen gemäß in Anschlag gebracht werden. Aus eben diesen Betrachtungen läßt sich nun auch der Ausfluß aus sehr irregulären Gefäßen, die bald enger bald weiter werden, beurtheilen, so wie auch die Erfolge bei Springwerken. Auf dieses alles wird freilich ganz gewöhnlich, und vorzüglich vom Hrn. Verf., die Bernoullische Theorie, sehr unrichtig angewendet.

60. So wie man den Boden wegnimmt, werden die unter I O gelegenen Waſſertheilchen, die nun nicht mehr getragen werden, ganz frei den Eindrücken der Schwere folgen, ohne daß die über I O gelegenen Theilchen, die ſich längſt der ſchiefen Ebene fortzubewegen ſtreben, dabei wirken. Was dieſe letztern betrifft, ſo werden ſolche, ſo wie ſie in der lothrechten Ebene I Q ankommen, zugleich von der abſoluten Schwere und der längſt der ſchiefen Ebene erlangten Geſchwindigkeit getrieben; ſie beſchreiben Parabeln, deren Weite ſo lange zunimmt, bis die erlangte Geſchwindigkeit am größten wird. Uebrigens ſind alle dieſe Betrachtungen ohne Nutzen, wenn von der Waſſermenge die Rede iſt, welche aus einem ſchiefen Gefäß auslauft; es iſt genug, wenn man für eine gegebene Zeit die Höhe weiß, von welcher der oberſte Querſchnitt herabgeſunken iſt.

61. Es ſein (fig. 16.) zwei Gefäße von gleicher Höhe und Grundfläche, und folglich auch von gleichem Inhalt, das eine grad und das andere ſchief, beide aber mit Waſſer angefüllt; zieht man nun E H auf die ſchiefe Ebene ſenkrecht; ſo iſt klar, daß der oberſte Querſchnitt bei E G im graden Gefäß ankommen wird, indeß daß er im ſchiefen nur bis in H O gelangt. Die in einerlei Zeit aus dem graden und aus dem ſchiefen Gefäß auslaufenden Waſſermengen verhalten ſich daher wie B E : B P; und in der Zeit, welche das ſchiefe Gefäß nöthig hätte, um ſich ganz auszuleeren, würde ſich ein grades ausleeren, das B T zur Höhe hätte. Bedeutet y den Winkel, welchen die ſchiefe Ebene mit der lothrechten macht, a die Länge der ſchiefen Ebene, und x die Höhe eines Gefäßes von eben der Grundflä-

che, das ſich mit dem ſchiefen Gefäß in einerlei Leerte, ſo hat man allemal Cof. y : a = R : x,

lich $x = \frac{a}{\text{Cof. y,}}$ wenn man den Halbmeſſer R = 1

Man ſieht, daß x größer wird, wie der Winkel y nimmt, und daß das ſchiefe Gefäß zu ſeiner Ausle allemal mehr Zeit braucht.

62. Hier müſſen wir zu denen ſchon oben §. gemachten Bemerkungen noch einige beifügen. wollen annehmen, das Gefäß (fig. 16.) ſei mit ſer angefüllt; es mag nun grad oder ſchief ſein, ſo ſen, wenn der Boden plötzlich weggenommen wird, Theile der flüßigen Maſſe zugleich und auf einerlei der Schwere folgen, und alle Querſchnitte nothwe einander gleich bleiben. Nimmt man aber an, da dem Augenblick, da der oberſte Querſchnitt A B ſinkt, ſolcher ſogleich wieder durch einen eben ſo gr Querſchnitt erſetzt werde, ſo iſt klar, daß, wann erſte Querſchnitt A B C D bis zur tiefſten Stelle Gefäßes N E G M gekommen iſt, alsdann alle dem Boden gelegene Querſchnitte ſich von einander ſondert haben, aus dem Grund, weil ſie verſchie Geſchwindigkeiten haben; *) und wenn die anzieh

F

*) Ich habe mich hierüber ſchon in den bisherigen An kungen erklärt; des Hrn. Verf. Meinung iſt Theorie angemeſſen. Soll das Gefäß beſtändig bleiben, ſo nimmt die Geſchwindigkeit der erſten ſi den Waſſerſäule nur in ſo weit zu, als der Zufluß dem Behältniß in das Gefäß größer wird; es w nämlich zwiſchen der zufließenden und der niederſinke

W

raft der Waſſertheilchen unter einander verurſacht, daß
h einzelne Querſchnitte nicht von einander trennen, ſo
rd doch nur der oberſte Querſchnitt der einzige ſein,
r ſich ringsum an die Wand des Gefäßes anſchließt,
id die übrigen werden ſich von der Wand um ſo mehr
ntfernen, je länger das Gefäß iſt. Das Waſſer im
efäß wird pyramiden- oder kegelförmig ſein, nachdem
s Gefäß prismatiſch oder zilindriſch iſt. *)

Waſſermaſſe im Gefäß eine Leere entſtehen, ſo daß das Sinken der Waſſermaſſe ſogleich gehemmt würde; die zufließende Waſſermaſſe wird aber um ſo viel ſtärker niedergedruckt, und der Zufluß nach und nach ſo beſchleunigt, daß er endlich der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot a$ zugehört, wenn a die Höhe des Gefäßes bedeutet, und w ſeine Weite, W aber die Weite des Zuflußbehältniſſes. Die Waſſerſchichten trennen oder verjüngen ſich hierbey nicht, ſondern nun ſchießt mit ſolcher Geſchwindigkeit die ganze im Gefäß enthaltene Waſſermaſſe beſtändig fort, ſo daß alle Schichten einerlei Geſchwindigkeit behalten. Nur erſt, wann $a > k$ wird, ergibt ſich ein anderer Erfolg, ſ. die vorhergehende Anmerkung, oder auch wann nicht Waſſer genug im Zuflußbehälter vorhanden iſt.

*) Wo das Waſſer frei herabfällt, wie in einer luftleeren Röhre, oder ohne Röhre in der Luft, z. B. das Waſſer von einer Dachkändel, oder auch, wo das Waſſer zum erfoderlichen Zufluß im Zuflußbehälter nicht hoch genug ſteht; in ſolchen Fällen wird der Strahl allerdings deſto dünner, je tiefer er fällt, bis ſich endlich die Querſchnitte wirklich ſepariren. So lange aber der Strahl noch in einer zuſammenhängenden Maſſe fortgeht, iſt die

den Gefäß in eben der Zeit in N E G M ankomme, er in dem ſchiefen erſt in H O ſich befindet. Es a alſo aus dem graden Gefäß in eben der Zeit eine Wa menge, die ſich durch die Höhe B E ausdrucken l auslaufen, worin aus dem ſchiefen eine der Höhe l gleiche Waſſermenge auslauft.

63. Wenn die Geſchwindigkeit des Querſchn A B C D längſt dem ganzen, graden oder ſchiefen G fäß hinab überall gleichförmig gemacht werden kön ſo iſt klar, daß alsdann die Geſchwindigkeit beim A fluß zu Beſtimmung der aus dem Gefäß ausfließen Waſſermenge dienen könnte; dieſes iſt aber in ein prismatiſchen bodenloſen Gefäß, es ſei grad oder ſch unmöglich, wenn es nicht ſehr kurz, und die dem fließenden Waſſer mitgetheilte Geſchwindigkeit außer deutlich beträchtlich iſt. *)

Das grade Gefäß ſei 30 Fuß hoch, und die G ſchwindigkeit des zufließenden Waſſers in einer Sekun 15 Fuß, ſo würde am Ende dieſes Zeittheilchens, oh Rückſicht auf die ſchon vorhandene Geſchwindigkeit, der Querſchnitt des zufließenden Waſſers vermöge i Schwere 15 Fuß durchlaufen haben; das zufließen Waſſer wird alſo am Ende der erſten Sekunde 30 F dur

*) Dieſe Bedingung iſt nicht nöthig, weil in bodenlo prismatiſchen Gefäßen oder Röhren das Waſſer ſch beim Eintritt die größte Geſchwindigkeit hat, und d Waſſer im Gefäß mit dieſer Geſchwindigkeit als ei einzige Maſſe niedergetrieben wird, ſo, daß alle Qu ſchnitte gleich ſchnell niederſinken.

rchlaufen haben. *) Da aber in eben dieſer Zeit rch das zufließende Waſſer nur ein Waſſerprisma, das : Weite des Gefäßes zur Grundfläche und 15 Fuß r Höhe hat, in das Gefäß gebracht wird, ſo folgt, ß das zufließende Waſſer das Gefäß nicht ausfüllen nn. Sollte dieſes geſchehen können, ſo müßte die eſchwindigkeit des zufließenden Waſſers ſo beträchtlich n, daß die durch die Schwere in einer Sekunde bekte Geſchwindigkeit gegen der Geſchwindigkeit, wot das Waſſer in das Gefäß ſchießt, für gar nichts zu hten wäre. **)

64.

*) Nämlich 15 Fuß, vermöge der ihm ſchon beiwohnenden Geſchwindigkeit, und 15 Fuß wegen der Beſchleunigung durch die Schwere.

**) Bernoullis Satz, daß die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes bei einem bodenloſen prismatiſchen Gefäß, wenn es beſtändig voll erhalten werden ſoll, unendlich groß werden müſſe, ſagt auch weiter nichts, als daß die Geſchwindigkeit des Zufluſſes über alle Grenzen wachſen müſſe. Hier kommt alſo der Hr. Verf. mit Bernoulli, den er doch darum oben ſo ſehr tadelt, auf einerlei Reſultat. Es iſt ſehr auffallend, daß es erſt hier bei Betrachtung des bodenloſen Gefäßes dem Hrn. Verf. beifällt, auf die zur Vollerhaltung erfoderliche Geſchwindigkeit des Zufluſſes Rückſicht zu nehmen. Wie läßt ſich hiermit ſein bisheriger Vortrag und die Vorausſetzung reimen, daß die Geſchwindigkeit des Waſſers im oberſten Querſchnitt des Gefäßes o ſei? daß es ſich übrigens mit dem Ausfluß in gegenwärtigem Fall anders verhält, und wie eigentlich? erhellet aus den bisherigen Anmerkungen.

che, das sich mit dem schiefen Gefäß in einerlei Zeit leerte, so hat man allemal Cos. y : a = R : x, folglich $x = \frac{a}{\text{Cos. } y}$, wenn man den Halbmesser R = 1 setzt. Man sieht, daß x größer wird, wie der Winkel y zunimmt, und daß das schiefe Gefäß zu seiner Ausleerung allemal mehr Zeit braucht.

62. Hier müssen wir zu denen schon oben §. 23. gemachten Bemerkungen noch einige beifügen. Wir wollen annehmen, das Gefäß (fig. 16.) sei mit Wasser angefüllt; es mag nun grad oder schief sein, so müssen, wenn der Boden plötzlich weggenommen wird, alle Theile der flüßigen Masse zugleich und auf einerlei Art der Schwere folgen, und alle Querschnitte nothwendig einander gleich bleiben. Nimmt man aber an, daß in dem Augenblick, da der oberste Querschnitt A B C D sinkt, solcher sogleich wieder durch einen eben so großen Querschnitt ersetzt werde, so ist klar, daß, wann der erste Querschnitt A B C D bis zur tiefsten Stelle des Gefäßes N E G M gekommen ist, alsdann alle über dem Boden gelegene Querschnitte sich von einander abgesondert haben, aus dem Grund, weil sie verschiedene Geschwindigkeiten haben; *) und wenn die anziehende Kraft

*) Ich habe mich hierüber schon in den bisherigen Anmerkungen erklärt; des Hrn. Verf. Meinung ist keiner Theorie angemessen. Soll das Gefäß beständig voll bleiben, so nimmt die Geschwindigkeit der ersten sinkenden Wassersäule nur in so weit zu, als der Zufluß aus dem Behältniß in das Gefäß größer wird; es würde nämlich zwischen der zufließenden und der niedersinkenden Wasser-

Kraft der Wassertheilchen unter einander verursacht, daß sich einzelne Querschnitte nicht von einander trennen, so wird doch nur der oberste Querschnitt der einzige sein, der sich ringsum an die Wand des Gefäßes anschließt, und die übrigen werden sich von der Wand um so mehr entfernen, je länger das Gefäß ist. Das Wasser im Gefäß wird pyramiden- oder kegelförmig sein, nachdem das Gefäß prismatisch oder zilindrisch ist. *)

Wassermasse im Gefäß eine Leere entstehen, so daß das Sinken der Wassermasse sogleich gehemmt würde; die zufließende Wassermasse wird aber um so viel stärker niedergedruckt, und der Zufluß nach und nach so beschleunigt, daß er endlich der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot a$ zugehört, wenn a die Höhe des Gefäßes bedeutet, und w seine Weite, W aber die Weite des Zuflußbehältnisses. Die Wasserschichten trennen oder verjüngen sich hierbey nicht, sondern nun schießt mit solcher Geschwindigkeit die ganze im Gefäß enthaltene Wassermasse beständig fort, so daß alle Schichten einerlei Geschwindigkeit behalten. Nur erst, wann $a > k$ wird, ergibt sich ein anderer Erfolg, s. die vorhergehende Anmerkung, oder auch wann nicht Wasser genug im Zuflußbehälter vorhanden ist.

*) Wo das Wasser frei herabfällt, wie in einer luftleeren Röhre, oder ohne Röhre in der Luft, z. B. das Wasser von einer Dachkändel, oder auch, wo das Wasser zum erfoderlichen Zufluß im Zuflußbehälter nicht hoch genug steht; in solchen Fällen wird der Strahl allerdings desto dünner, je tiefer er fällt, bis sich endlich die Querschnitte wirklich separiren. So lange aber der Strahl noch in einer zusammenhängenden Masse fortgeht, ist die

Die Geschwindigkeiten in der tiefsten Stelle graden und des schiefen Gefäßes müssen gleich groß s es folgt aber hieraus nicht, daß in einerlei Zeit aus den Gefäßen gleich viel Wasser ausgelaufen sein m Da der Querschnitt A B C D beim Ausgang aus Gefäß seine Gestalt verlohren hat, so kann man auf die Geschwindigkeit, die er alsdann hat, keine rechnung der ausgeflossenen Wassermenge gründen; muß hierbey auch auf das Wasser selbst Rücksicht men, dessen man sich zur beständigen Vollerhaltung Gefäßes bedient hat. *) Da nun der Querschnitt

die Gestalt des Strahls eigentlich nicht pyramiden- kegelförmig, sondern hyperbolisch, nämlich ein C roid der kubischen Hyperbel.

*) Der Sinn ist ohne Zweifel dieser: weil der W strahl beim Ausfluß an der tiefsten Stelle des Ge nicht mehr die Dicke hat, die dem obersten Querſ oder der Weite des Gefäßes gleich wäre, so ist die schwindigkeit beim Ausfluß allein nicht hinreichend Menge des Ausflusses zu berechnen, sondern man auch die Dicke des Strahls beim Ausfluß wissen, sich aus der Geschwindigkeit und der Dicke des St die Wassermenge ergibt; um nun diese Dicke zu b men, muß man auch auf das Wasser ꝛc. Allein diesem allem ist nichts gesagt, und der Hr. Verf. s den Leser durch eine verwirrte Sprache nur hinter zu wollen. Hat der oberste Querschnitt in beide fäßen einerlei Geschwindigkeit, ist er in beiden Ge gleich groß, und kommt er in beiden Gefäßen mi cher Geschwindigkeit zur tiefsten Stelle, welches hier statt findet, so muß auch die Dicke des heraus senden Strahls in beiden Gefäßen gleich groß sein, lich auch nothwendig von dem Augenblick der ſgr

CD gar keine oder nur eine unendlich kleine Geſchwindigkeit hat, *) ſo iſts kein Zweifel, daß er in dem grö-

Geſchwindigkeit an aus beiden Gefäßen in einerlei Zeit gleichviel Waſſer ablaufen. Nur ſo viel erhellet von ſelbſten, daß unmittelbar nach Wegnehmung des Bodens die erſte Waſſerſäule aus dem ſchiefen Gefäß nicht ſobald abſchießt, als die gleich große aus dem graden Gefäß; es iſt aber auch während der Zeit, da die erſte Waſſerſäule aus dem ſchiefen Gefäß abfließt, die Geſchwindigkeit des Waſſers in der tiefſten Stelle in beiden Gefäßen nicht einerlei, indem die Geſchwindigkeit beim Ausfluß im graden Gefäß ſchneller wächſt, und ihren höchſten Grad eher erlangt, als im ſchiefen; ſobald aber nur die erſte Waſſerſäule aus dem ſchiefen Gefäß abgeſchoſſen iſt, hat der Ausfluß in beiden Gefäßen einerlei Geſchwindigkeit; da nun der Hr. Verf. ausdrücklich von dem Fall redet, da in beiden Gefäßen die Geſchwindigkeit in der tiefſten Stelle gleich groß geworden, (wie dann überhaupt hier allemal vom Beharrungsſtand des Ausfluſſes die Rede iſt,) ſo hätte er allerdings deutlich beweiſen ſollen, warum in gleichen Zeiten aus beiden Gefäßen nicht gleich viel Waſſer auslaufen könne. Aber der Hr. Verf. ſcheint ſolches auch hier wieder auf den ſo widernatürlichen Satz zu gründen, daß jede folgende Waſſerſäule, ſobald die nächſte vorhergehende abgelaufen iſt, ihre Geſchwindigkeit in der tiefſten Stelle des Gefäßes allemal wieder mit o anfange, folglich jede ſchiefe Waſſerſäule gegen der graden um gleich viel zurückbleibe. Von der erſten bei Wegnehmung des Bodens oder beim Anfang des Auslaufens im Gefäß enthaltenen Waſſerſäule iſt dieſer Schluß richtig, nicht aber im Beharrungsſtand des Ausfluſſes, wovon doch nur die Rede iſt.

*) Dieſes gilt nur vom erſten Anfang des Ausfluſſes, nicht aber von irgend einem folgenden Augenblick.

64. Es iſt daher gewiß, daß, wenn man prismatiſche Gefäße von einerlei Höhe und Grundfläche hat, wenn gleich ihre Grundflächen im Stand der Ruhe das nämliche Gewicht zu tragen haben und auf gleiche Art gedruckt werden; es iſt gewiß, ſage ich, daß, wann ihr Boden plötzlich weggenommen wird, und die Geſchwindigkeit des zufließenden Waſſers für gar nichts zu achten, oder außerordentlich klein iſt, alsdann die ausfließenden Waſſermengen nach denen §. 61. vorgetragenen Grundſätzen beſtimmt werden müſſen. *)

65. Wäre das Gefäß ſchief, und die Geſchwindigkeit des zufließenden Waſſers längſt der ſchiefen Lage des Gefäßes 15 Fuß in 1 Sekunde, ſo könnte das Gefäß zwei- dreimal, ꝛc. ſo lang als das grade Gefäß ſein; es würde aber in jedem Fall aus dem ſchiefen Gefäß binnen einer Sekunde nur die Waſſermenge ausfließen, welche in eben der Zeit zufließt; und da das Gefäß immer einerlei Inhalt behält, es mag ſo lang man will ſein, ſo wird es, wenn es doppelt ſo lang als das grade Gefäß iſt, in einerlei Zeit nur halb ſo viel Waſſer geben als das grade. **)

66.

*) Hier wiederholt der Hr. Verf. wieder die ganz unſtatthafte Vorausſetzung, daß die Geſchwindigkeit des zufließenden Waſſers als unendlich klein angeſehen werden könne, da doch ſolche nach den Geſetzen der Schwere aus der Höhe des Gefäßes beſtimmt werden muß, und bei prismatiſchen bodenloſen Gefäßen ſehr beträchtlich ausfällt. ſ. die vorigen Anmerkungen.

**) Hier kommt endlich der Hr. Verf. durch einen ſo ſehr unrichtigen Vortrag dennoch auf ein völlig richtiges Reſultat;

66. 67. Ueberhaupt, wenn keine Lücke in den prismatiſchen oder zilindriſchen Gefäßen entſtehen ſoll, die Größe der Ausflußöfnung mag wie man will ſein, ſo müßte man, ſtatt daß man ſich vorſtellte, es werde jeder obere Querſchnitt, ſo wie er ſinke, gleich wieder durch einen neuen erſetzt, auf einmal eine Waſſermaſſe anbringen können, die der vermöge der Schwere ſinkenden vollkommen gleich wäre. Wenn man z. B. ein grades prismatiſches Gefäß von 15 Fuß hoch hätte, deſſen Boden weggenommen wäre, ſo wird ſolches nur dann beſtändig voll erhalten bleiben, wenn man ſich über dieſem Gefäß eine beſtändig ſtehende Waſſerſäule gedenkt, welche

ſuktat; die Art zu ſchließen ſollte aber eigentlich dieſe ſein: die Geſchwindigkeit des Waſſers längſt den Gefäßen iſt in beiden Gefäßen einerlei, es durchlauft alſo das Waſſer in einerlei Zeit längſt den Gefäßen in beiden einerlei Weg; nun iſt aber der kubiſche Inhalt von einerlei Länge in beiden Gefäßen nicht gleich groß, ſondern in dem hier angenommenen ſchiefen Gefäß nur halb ſo groß als im graden, folglich iſt auch die in einerlei Zeit auslaufende Waſſermenge bei jenem nur halb ſo groß als bei dieſem. Der Hr. Verf. würde weniger dunkel und richtiger geſchrieben haben, wenn er nicht (§. 62.) in der Mitte die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes in beiden Gefäßen ausdrücklich gleich geſetzt und hiermit bewieſen hätte, daß er von der Geſchwindigkeit längſt den Gefäßen rede; denn die vertikalen Geſchwindigkeiten ſind in beiden Gefäßen nicht gleich, ſondern im ſchiefen Gefäß nur halb ſo groß als im graden, daher man auch hieraus beim ſchiefen Gefäß nur die halbe Waſſermenge findet, wenn man den horizontalen Querſchnitt, der in beiden Gefäßen einerlei iſt, mit der vertikalen Geſchwindigkeit multiplicirt.

dürfen, wenn ſie die gröſtmögliche Waſſermenge geben ſollen.

Man begreift auch leicht, daß das Waſſer, indem es ſich an den Wänden reibt, beſtändig von ſeiner Geſchwindigkeit verliehrt; und wegen des Zuſammenhangs, den die Theile der flüßigen Maſſe unter einander haben, vermindert das verzögerte Waſſer auch die Geſchwindigkeit derjenigen Waſſerſtreifen, welche die Wände gar nicht berühren. Auf dieſe Art wird die Vergrößerung der Waſſermenge, welche die Ablenkung der Waſſerſtreifen anfangs beim Gefäß verurſacht, durch die Reibung an den Wänden bald wieder erſchöpft.

70. Nach der Erfahrung können auch eingeſteckte Röhren, wenn ſie lothrecht oder ſehr ſtark geneigt ſind, eine beträchtliche Länge haben, und dennoch eine gröſere Waſſermenge liefern, als wenn ſie kürzer wären. In dieſem Fall iſt die bei der Oefnung des Gefäßes verurſachte

erhaltende Gefäß nur unmittelbar mit dem Behältniß verbunden werden darf. Die Bernoulliſche Theorie gibt dieſe Einrichtung bei einiger Ueberlegung der Gründe, worauf ſie beruht, von ſelbſten an; der ſich ergebende Ueberſchuß der Geſchwindigkeitshöhe über die Höhe des Gefäßes, welches voll erhalten werden ſoll, iſt eigentlich die erfoderliche Tiefe des Waſſers in dem Zuflußbehältniß, wenn ſolches gegen der Oefnung des Gefäßes als unendlich groß angeſehen werden kann. Man hat nur immer, wie Bernoulli ſelbſten, den Zuſammenhang der analytiſchen Formeln mit dem phyſiſchen zu ſehr aus der Acht gelaſſen, und eben darum in den Reſultaten der Theorie Unrichtigkeiten gefunden, wenn dieſe Reſultate nur unrichtig erklärt und falſch angewendet wurden.

chte Ablenkung der einzelnen Wasserstreifen beträchtlicher, und die Verminderung der Geschwindigkeit wegen der Reibung an den Wänden wird durch die Beschleunigung der um die Mitte der Röhren herumliegenden Wasserstreifen wieder ersetzt.

71. Die durch eingesteckte Röhren ausfließende Wassermenge ist, die Röhren mögen eine Lage und eine Enge haben, welche man will, doch niemalen so groß, als wenn das Wasser unmittelbar aus der Oefnung des Gefäßes ohne einige Zusammenziehung des Strahls herausschösse. *) Die eingesteckten Röhren vermindern zwar die Zusammenziehung, aber sie nehmen solche nicht völlig weg.

72.

*) Nach des Hrn. Verf. Theorie beschleunigen auch lothrechte Röhren den Ausfluß des Wassers gar nicht; ich habe mich aber über diese Unrichtigkeit schon oben erklärt. Die Erfahrung widerlegt auch hierin offenbar den Hrn. Verf. Bei einem von Mariotte angestellten Versuch, S. 276. der deutschen Uebersetzung, erfolgte die Ausleerung eines Gefäßes mit einer vertikalen Röhre in 37 Sekunden, da eben die Ausleerung ohne solche Röhre unmittelbar aus der Bodenöfnung erst binnen 47,19 Sek. hätte erfolgen können, wenn dabei gar keine Zusammenziehung des Strahls statt fände. Es muß also die durch eingesteckte Röhren verursachte Vergrößerung der Wassermenge nicht bloß von der Verminderung der Zusammenziehung des Strahls herrühren, sondern zugleich von der dadurch bewirkten wirklichen Vergrößerung der Beschleunigung. Daß aber die Vergrößerung der vertikalen Höhe der eingesteckten Röhren nicht weiter nutzen kann, als bis solche $= k$ wird, (§. 56. Anm.) habe ich schon oben angemerkt.

72. Alles übrige gleich geſetzt, geben die Röhren ſo viel mehr Waſſer, je mehr ſich ihre Lage der vertikalen nähert; aber außerdem, daß man niemalen in den Fall kommt, lothrechte Röhren von beträchtlicher Länge anzubringen, kann man auch das Geſetz nicht angeben, wonach die Waſſermenge vergrößert wird.

73. Die Verſuche des Hrn. Abts Boſſüt, wovon wir hier die Reſultate mitgetheilt haben, geben eine höchſt wichtige Bemerkung; was nämlich eine eingeſteckte zilindriſche und grade Röhre für eine Länge habe, ſo gebe ſie, wenn ihre Neigung oder Gefälle den achten oder neunten Theil ihrer Länge ausmachen, allemal beinahe eben ſo viel Waſſer als ſie zu oberſt am Anfang geben würde, welches alſo der Fall iſt, wenn ihr Winkel mit dem Horizont ohngefähr $8\frac{1}{2}$ Grad beträgt. In dieſem Fall vergleicht ſich die von der Beſchleunigung in der Röhre herrührende Geſchwindigkeit mit der Verzögerung, welche die Reibung verurſacht. Inzwiſchen ſetzt Hr. Boſſüt hinzu, daß dieſes Geſetz vielleicht nicht für alle Arten von Röhren und für jede Höhe des Vorrathsbehälters ſtatt habe; es zeigt aber allemal ziemlich genau das geringſte Gefälle an, das man Röhrenleitungen geben muß, wenn ſie eben ſo viel Waſſer liefern ſollen, als ſie bei ihrem Anfang geben würden. *)

74.

*) Die Unterſuchung über die Bewegung des Waſſers durch Röhren gehört unſtreitig zu den wichtigſten und ſchwierigſten der ganzen Hydrodinamik, und es iſt gewiß, daß hierbey die Theorie von dem wirklichen Erfolg außerordentlich abweicht, daher man bei hieꝛhin gehörigen Berechnungen allemal auf Beobachtungen bauen muß. Ich geſtehe

74. Es ist was Seltenes, daß Röhrenleitungen einerlei Richtung fort und durchaus unter einerlei Elle gelegt werden, man folgt dabei gewöhnlich dem allen, Steigen und Krümmungen der Gegend. Alle Wen-

gestehe aber, daß ich, was diese Beobachtungen betrifft, mit Hrn. Bossüt nicht übereinstimme. Nach dessen Angabe müßte eine 4500 Fuß lange Röhrenleitung, wenigstens 500 Fuß Gefälle haben, wenn sie so viel Wasser als oben bei ihrem Anfang nur auf einige Zoll Länge geben sollte. Nun sei die Röhrenleitung 7 Zoll weit im Durchmesser, also ihr Querschnitt $= 3{,}14 \cdot \frac{49}{4} = 38{,}46$ Quadratzoll; nun sei ferner die Wasserhöhe über der Mitte der eingesteckten Röhre im Behälter $3\frac{1}{4}$ Fuß, so ist ihre Geschwindigkeit $2\sqrt{15 \cdot 3\frac{1}{4}}$ sehr nahe $= 14$ Fuß, wenn der freie Fall in 1 Sek. zu 15 Pariser Fußen angenommen wird. Der Behälter sei gegen der Röhrenweite unendlich groß, so sollte der Ausfluß nach der Theorie in jeder Sekunde $14 \cdot \frac{38{,}46}{144} = 3{,}74$ Kubikfuß, also in jeder Minute 2244 Kubikfuß betragen. Wäre nun die Röhrenleitnng nur etwa einen halben Fuß lang, so würde sie ziemlich genau $\frac{13}{17} \cdot 224 = 182$ Kubikfuß geben. (§. 27.) Um nun aus der 4500 Fuß langen Röhrenleitung eben diese 182 Kubikfuß Wasser in jeder Minute zu erhalten, müßte nach Hrn. Bossüt diese Röhrenleitung wenigstens 500 Fuß Gefälle haben. Hätte sie also nur 2 Fuß Gefälle, so könnte sie in jeder Minute höchstens $182 \cdot \sqrt{\frac{2}{500}} = 11{,}46$ Kubikfuß geben. Allein bei einer nach vorerwähnten Abmessungen von mir vorgenommenen Anlage habe ich statt 11,46 wirklich ohngefähr 26 Kubikfuß erhalten, ohngeachtet die Röhrenleitungen nicht einmal grad aus, sondern mit verschiedenen Brüchen und Wendungen gelegt war. Es ist aber

Wendungen, sie mögen horizontal oder vertikal sein, verändern mehr oder weniger die Geschwindigkeit des Wassers, und geben weniger Wasser, als grad ausgehende

auch kein Zweifel, daß die Neigung der Röhrenleitung nicht bloß aus ihrer Länge, sondern zugleich auch aus der Höhe des Wasserstands im Behälter über der obern Röhrenmündung bestimmt werden müsse. Je beträchtlicher diese Höhe ist, desto beträchtlicher muß auf einerlei Länge das Gefälle sein, wenn die Wassermenge fortfließen soll, welche unmittelbar aus der Oefnung strömen würde, die nämlich nur $\frac{1}{16}$ von der beträgt, welche die Theorie gibt. (§. 27.) Nach meinen Beobachtungen im Großen gebe ich folgende Regel: Um ohngefähr $\frac{10}{16}$ der Wassermenge, welche unmittelbar aus der Oefnung nach der Theorie schießen würde, zu erhalten, gebe man der Röhrenleitung auf 100 Fuß ein Gefälle, das der Wasserhöhe im Behälter gleich ist. Im vorigen Exempel wäre also ein Gefälle von 45 . $3\frac{1}{4}$ oder 146 Fuß nöthig, um etwa 140 Kubikfuß in 1 Minute zu erhalten. Wenn nun das Gefälle wirklich nur 2 Fuß beträgt, so muß zu solchem die Höhe des Wasserstands $3\frac{1}{4}$ Fuß noch addirt werden, um den wirklichen Ausfluß zu berechnen; man hat auf solche Art statt der Wasserhöhe von 140 + $3\frac{1}{4}$ oder $143\frac{1}{4}$ Fuß nur $5\frac{1}{4}$, und ich setze daher die wirkliche Wassermenge, welche die Röhrenfahrt gibt, $= 140 . \sqrt{\frac{5,25}{143,25}} = 26,74$, welches mit der Beobachtung sehr gut zusammenstimmt. Ich erinnere hier noch, daß ich in dem Versuch einer neuen Theorie ꝛc. 200 statt 100 Fuß gesetzt habe, welches von einem Rechnungsfehler herrührt; eben so muß auch dort bei den Gerinnen das bestimmte Gefälle nicht auf 600, sondern schon auf 300 Fuß genommen werden.

e Röhrengänge. Dieſe Erfolge ſind durch eine
e Anzahl von Beobachtungen beſtätigt worden. 1)
wiſchen ſchaden die horizontalen Wendungen der Be-
ung des Waſſers doch nicht ſo viel als die vertikalen;
bei letztern geſchieht es ſogar, daß die Luft, welch e
en höchſten Stellen der Beugungen zurückbleibt,
Bewegung beſtändig verzögert und zuweilen hemmt.
begegnet dieſen üblen Ereigniſſen nur dadurch,
man an dieſen höchſten Stellen Luftröhren anbringt,
der Luft einen Ausgang zu verſchaffen. Dieſe Luft-
n ſind kleine bleierne Röhren, welche an der Röh-
itung gehörig befeſtigt werden, und deren obere Oef-
ſich mittelſt einer einwärts gekehrten Klappe ver-
ßt; dieſe verſtattet der Luft ſo lange den Ausgang,
ie vom Waſſer aufwärts gedruckt wird, da ſie dann
ächſt die Oefnung verſchließt, wenn erſt alle Luft
isgetreten iſt. Ich muß hier eine Erfahrung vom
Couplet mittheilen, welche den großen Vortheil die-
ıftröhren beweißt. Sie betrifft eine bleierne Röh-
itung, zu 8 Zoll im Durchmeſſer weit und 1900
er lang, welche die Waſſer von Roquencour bis
Schloß zu Verſaille leitet, unter einem Gefälle von
ıuß.

Dieſe Leitung hat, wenn ſie ganz voll lieſe, von
efehr 30 Waſſerzöllen Waſſer, die ſie bei der obern
dung liefert, niemalen mehr als 22 bis 23 gege-
Als man einſtmalen das Waſſer in die obere Mün-
dieſer Röhrenleitung einlaufen ließ, ſo verſtrichen
efähr 10 Tage, bevor ſich am Ende bei der Aus-

) Hydrodyn. de M. Boſſut, part. II. chap. VI. pag. 141. & Suiv.

flußöfnung ein Tropfen zeigte, und dieſes darum, weil die Leitung viele Buckeln hatte, worin die Luft haften, und woraus ſolche ſehr ſchwer ihren Ausgang fand. Man ergriff daher das Mittel, einige Buckeln ſanfter anlaufen zu laſſen, und an den höchſten Stellen Luftröhren anzubringen, wo ſie ſich auch noch befinden; nunmehr ſahe man ſchon nach 12 Stunden am Ausgang der Röhrenfahrt einige Waſſerſtreifen, da man vorher 10 bis 12 Tage hierzu nöthig hatte; und 5 bis 6 Stunden hernach liefen 22 bis 23 Waſſerzolle heraus, welches die volle Waſſermenge iſt, welche man durch dieſe Röhrenleitung erhalten kann. *) In der Zwiſchenzeit von 5 bis 6 Stunden, die man noch bis zum vollen Ausfluß abwarten mußte, kamen abgeſetzte Stöße von Wind, Schaum

*) Den Sprachgebrauch mit Waſſerzollen hat Mariotte, wo nicht eingeführt, doch zuerſt ſchriftlich angenommen. Er nannte anfangs einen Waſſerzoll diejenige Waſſermenge, welche in 1 Minute aus einer runden vertikalen Oefnung auslauft, welche 1 Zoll im Durchmeſſer hat, und mit dem obern Rand 1 Linie tief unter dem Waſſerſpiegel liegt: dieß beträgt nun faſt 14 Pariſer Kannen, und zur Erleichterung der Rechnung nahm er daher nachher 14 Pariſer Kannen, oder $\frac{2}{7}$ eines Pariſer Kubikfußes für einen Waſſerzoll an, bei welcher Bedeutung man auch nachher geblieben iſt. Es betragen alſo 22 Waſſerzölle $\frac{22 \cdot 2}{5} = 8\frac{4}{7}$ Pariſer Kubikfuß (oder beiläufig 10,7 Nürnberger Kubikfuß.). Wenn die geſammte Waſſerhöhe, vom Spiegel angerechnet bis zur Ausflußöfnung der Röhrenleitung, 2,5 Fuß beträgt, und die Röhrenleitung ganz mit Waſſer angefüllt, die Ausflußöfnung aber verſtopft iſt, ſo nimmt die auslaufende Waſſer-

Schaum von Luft und Waſſer, und einzelne Waſſerſtreifen, die ihren Schuß bald fortſetzten, bald wieder unterbrachen.

75. Die Ausflüſſe durch Röhrenleitungen von verſchiedenen Längen und Beugungen laſſen ſich keiner ſtrengen Theorie unterwerfen. Da aber die Hrn. Couplet und Boſſüt ſehr ſchätzbare Beobachtungen angeſtellt haben, ſo thut man am beſten, wenn man in Fällen, wo man mit beträchtlichen Anlagen dieſer Art zu thun hat, zu ſelbigen ſeine Zuflucht nimmt; in Fällen nämlich, wo man aus der Länge einer Röhrenleitung, der Waſſerhöhe im Behälter, und der verlangten Stärke des Ausfluſſes die erfoderliche Weite der Röhren beiläufig beſtimmen ſoll.

Um dieſe Arbeit noch mehr zu erleichtern, hat Hr. Abt Boſſüt eine Tafel verfertigt, welche die Reſultaten aller ſeiner Beobachtungen und derer vom Hrn. Couplet enthält. Ich theile ſie hier mit, wie man ſie in ſeiner Hydrodyn. part. II. page 159. &c. ſuiv. findet. *) Die erſte Columne enthält die Durchmeſſer der Röhren-

Waſſermenge nach Wegnehmung des Spundens auch nur allmählig zu. Die Formel (S. 80. meines Verſuchs ꝛc.) gäbe für dieſen Fall die nach Wegnehmung des Spundens erfoderliche Zeit bis zum ſtärkſten Ausfluß

$$= \frac{6 \cdot 1900}{\sqrt{15 \cdot 2{,}5}} = 1862 \text{ Sek.} = 31 \text{ Min.}$$

*) Ich erinnere noch einmal, daß ſich dieſe Anführungen allemal auf das ältere Werk des Hrn. Boſſüt beziehen, das ich nicht beſitze. Im neuern finden ſich dieſe Tafeln im 2ten Band. S. 172–176.

leitungen, ihre Längen, Gefälle und Beugungen. Die Länge einer jeden Leitung iſt allemal nach der wahren Länge aller einzelnen Theile zu verſtehen, und begreift alſo alle dabei vorfallende Beugungen mit unter ſich. Die zwote Columne zeigt die Waſſerhöhen an, nämlich die Höhe des Waſſers im Behälter über der untern Mündung der Röhrenleitung. In der dritten druckt jeder Bruch die Verhältniß der wirklichen Waſſermenge zu derjenigen Menge aus, welche auslaufen würde, wenn das Waſſer gar keine Hinderniſſe in ſeinem Lauf fände, und ſo wie er durch ganz kurze eingeſteckte Röhren abſchöſſe. *)

Durch-

*) Dieſe Waſſermenge, welche durch ganz kurze Röhren abfließt, wird nämlich zu $\frac{13}{17}$ derjenigen Waſſermenge angeſchlagen, welche ohne einige Zuſammenziehung des Strahls auslaufen würde. (§. 27.) Die hier folgende Tafel iſt in der That von ſehr großem Nutzen; noch nützlicher aber würde ſie ſein, wenn Hr. Boſſüt die verſchiedenen Wendungen der angeführten Röhrenleitungen genauer beſtimmt, oder durch Zeichnungen ausgedruckt hätte. Dieſen Beobachtungen kann man nun noch die ſchon von mir erwähnte beiſetzen; nämlich eine 4500 Fuß lange 7zöllige Röhrenleitung, welche in der Entfernung von 900 Fuß vom Anfang gerechnet 8 Fuß tief lothrecht fiele, und 220 Fuß weiter fort wieder gegen 8 Fuß ſtiege, von dieſer Stelle aber in einer Entfernung von etwa 1400 Fuß weiter abwärts eine rechtwinklichte horizontale Wendung nähme, die aber nur etwa 30 Fuß fortginge und nun wieder rechtwinklicht abgebrochen würde — dieſe bis auf eine Länge von 4500 Fuß fortgeführte Röhrenleitung lag mit dem Mittel der obern Mündung $3\frac{1}{4}$ Fuß tief unter dem Waſſerſpiegel des Vorrathsbehälters, und hatte noch 2 Fuß Gefälle, alſo vom

Waſſer-

Durchmesser und Längen der Röhrenleitungen.	Wasserhöhen nach Fußen, Zollen u. Linien.	Verhältniß der wirklichen Wassermenge mit denen, welche bei ungehindertem Lauf abschießen würden.
	Fuß. Zoll. Linien.	
Eine bleierne Röhrenleitung, in grader Linie und wagrecht; der Durchmesser hat 1 Zoll und die Länge 50 Fuß.	0. 4. 0.	1 / 3,55
	1. 0. 0.	1 / 3,18
Eben die Leitung mit mehrern wagrechten Beugungen.	0. 4. 0.	1 / 3,78
	1. 0. 0.	1 / 3,48
Eben die Leitung mit eben den Beugungen, nur daß solche lothrecht sind.	0. 4. 0.	1 / 3,93
	1. 0. 0.	1 / 3,44

Wasserspiegel bis zur untern Ausflußmündung überhaupt eine Wasserhöhe von $5\frac{1}{4}$ Fuß, und lieferte bei den angegebenen Wendungen in jeder Minute 26 Kubikfuß Wasser, nachdem ich hin und wieder Luftröhren hatte setzen lassen. Da diese Röhrenfahrt bei ungehinderten Fortlauf 182 Kubikfuß hätte geben sollen, so erhellet, daß sie nur $\frac{26}{182}$ oder $\frac{1}{7}$ so viel gegeben hat, als sie bei ungehindertem Lauf oben im Anfang der Röhrenleitung würde gegeben haben.

Durchmesser und Längen der Röhrenleitungen.	Wasserhöhen nach Fußen, Zollen u. Linien.	Verhältniß der wirklichen Wassermenge mit denen, welche bei ungehindertem Lauf abschießen würden.
	Fuß. Zoll. Linien.	
Leitung von weißem Blech, in grader Linie und wagrecht, 16 Linien im Durchmesser weit und 180 Fuß lang.	1. 0. 0.	1 / 6,01
	2. 0. 0.	1 / 5,64
Leitung von weißem Blech, in grader Linie und wagrecht, 2 Zoll im Durchmesser und 180 Fuß lang.	1. 0. 0.	1 / 4,57
	2. 0. 0.	1 / 4,27
Leitung von weißem Blech, in grader Linie und wagrecht, 16 Linien im Durchmesser, 177 Fuß lang, und mit einem Gefälle, das $\frac{241}{2124}$ ihrer Länge beträgt.	20. 11. 0.	1 / 5
Eben die Leitung, aber nur 118 Fuß lang.	13. 4. 8.	1 / 4
Eben die Leitung, aber nur 59 Fuß lang.	6. 8. 4.	1 / 2,82

Durch-

Durchmeſſer und Längen der Röhrenleitungen.	Waſſerhöhen nach Fußen, Zollen u. Linien.			Verhältniß der wirklichen Waſſermenge mit denen, welche bei ungehindertem Lauf abſchießen würden.
	Fuß.	Zoll.	Linien.	
Eine Leitung, faſt ganz von Eiſen, 4 Zoll im Durchmeſſer und ohngefähr 297 Lachter lang, mit vielen horizontalen und vertikalen Beugungen.	0.	9.	0.	1/28,5
	1.	9.	0.	1/26,53
	2.	7.	0.	1/25,79
Eine Leitung, faſt ganz von Eiſen, 6 Zoll im Durchmeſſer und ohngefähr 285 Lachter lang, mit vielen horizontalen und vertikalen Beugungen.	0.	3.	0.	1/12,35
	0.	5.	3.	1/11,37
Eine Leitung, von theils irdenen, theils bleiernen Röhren, 5 Zoll im Durchmeſſer und 1170 Lachter lang, mit vielen horizontalen und vertikalen Beugungen.	0.	5.	7.	1/23,10
	0.	11.	4.	1/20,98
	1.	4.	9.	1/19,49
	1.	9.	1.	1/18,78
	2.	1.	0.	1/18,46

Durchmesser und Längen der Röhrenleitungen.	Wasserhöhen nach Fußen, Zollen u. Linien.	Verhältniß der wirklichen Waſſermenge mit denen, welche bei ungehindertem Lauf abſchießen würden.
	Fuß. Zoll. Linien.	
Eine Leitung von Eiſen, 1 Fuß im Durchmeſſer und ohngefähr 600 Lachter lang, mit wag- und lothrechten Beugungen.	12. 1. 3.	1 / 10,08
Eine Leitung von Eiſen, 18 Zoll im Durchmeſſer und ohngefähr 600 Lachter lang, mit vielen wag- und lothrechten Beugungen.	12. 1. 3.	1 / 6,05
Eine Röhrenleitung von Eiſen, 18 Zoll im Durchmeſſer und ohngefähr 790 Lachter lang, mit vielen horizontalen und vertikalen Beugungen.	4. 7. 6.	1 / 10,11
Eine Leitung von Eiſen, 1 Fuß im Durchmeſſer und ohngefähr 2340 Lachter lang, mit vielen horizontalen und vertikalen Beugungen.	20. 3. 0.	1 / 19,34

Dieſe

Diese Tafel enthält mehrere Glieder zur Vergleichung der wirklichen Wassermengen und derer, welche bei ungehindertem Fortlauf sich ergeben würden, je nachdem nämlich die Durchmesser der Röhrenleitungen, ihre Längen und die Wasserhöhen verschieden sind. Wollte man das Wasser aus einem Behälter nach einem entfernten und tiefer gelegenen Ort leiten, so müßte man aus dieser Tafel den Fall nehmen, welcher mit dem gegebenen die meiste Aehnlichkeit hat, da man dann hieraus wenigstens beiläufig die Abmessungen, welche man der anzulegenden Röhrenleitung geben mußte, würde bestimmen können.

76. Man darf nicht vergessen, daß in der vorhergehenden Tafel, die beim freyen Fortlauf sich ergebende Wassermenge *) unter der Voraussetzung berechnet worden ist, daß die Oefnung in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche sehr klein sei; je weniger aber die Oefnung von der Bodenfläche verschieden wäre, desto kleiner würde die Geschwindigkeit des Wassers beim Anfang der Röhrenleitung sein, und diese Ursache würde sich noch mit den übrigen vereinigen, um den Ausfluß am Ende der Röhrenleitung zu vermindern. **)

77.

*) Welche nämlich die Einheit ist, auf welche sich in der letzten Columne durchaus die Brüche beziehen.

**) Man kann in einem Behälter, dessen Boden gegen der Weite der daraus geleiteten Röhrenfahrt unendlich groß ist, einen ziemlich kleinen Kasten vor die Röhrenmündung setzen, dessen Wände vom Boden des Behälters z. B. bis zur Hälfte der Wasserhöhe heraufreichen. Ist alsdann die Weite dieses Kastens, oder wenn er gleich weit ist, sein Boden nur z. B. doppelt so groß als die

Röhren-

77. In Anſehung aller der einzelnen Regeln, die man bei der Einrichtung und Anlage der Röhrenfahrten zu beobachten hat, beziehe ich mich lediglich auf den zweeten Band der Belidorſchen Archit. hydraul.

Neunter Abſchnitt.

Von den Springwerken.

78.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß aus graden Gefäßen, von gleichem Durchmeſſer und Höhe, daferne ihre

Röhrenmündung, ſo iſt er dennoch ſchon hinreichend, einen ſtärkern Waſſerzilinder anzunehmen, als die Röhre, auch wenn dieſer Kaſten nicht angebracht wäre, zu verſchlingen fähig wäre, und der Waſſerſpiegel behält auch für beide Fälle vollkommen einerlei Geſtalt. Dieſes iſt den bekannteſten Lehren ſo angemeſſen, daß ich mich faſt ſchäme, zur Beſtätigung dieſes Satzes einen von mir im Großen angeſtellten Verſuch anzuführen. Ich ließ in einem Behälter, deſſen Grundfläche mehr als 100000mal ſo groß als die Mündung des zur Seite eingreifenden Röhrengangs war, vor dieſe Mündung einen Kaſten ſetzen, ſo daß die Mündung nun in den Kaſten eingriffe, der etwa nur 40mal ſo weit als dieſe Oefnung war, und deſſen Wände mit dem obern Rand nur etwa 3 Zoll unter dem Waſſerſpiegel des großen Behälters lagen, da hingegen die Röhrenmündung $3\frac{1}{4}$ Fuß tief unter Waſſer war, und es war ein ſehr natürlicher Erfolg, daß der Ausfluß dadurch im geringſten nicht abgeändert wurde, ohngeachtet dieſes Kaſtens Boden doch bei weitem nicht $\frac{1}{2000}$ ſo groß als der Boden des großen

Behäl

re Oefnungen auch gleich groß ſind und gleich tief unter den Waſſerſpiegel liegen, einerlei Waſſermengen auslaufen; ſo fließet aus den Oefnungen o (fig. 17. 18. 19.), wenn ſolche ſowohl als die Höhen B O in den Gefäßen gleich groß ſind, einerlei Waſſermenge, obgleich der Ausfluß nach ſehr verſchiedenen Richtungen erfolgt. *).

79. Die Geſetze, welche wir (§. 15 u. 16.) gegeben haben, laſſen ſich alſo auf die verſchiedenen Fälle anwenden, welche durch die (fig. 17. 18. 19.) angezeigt werden. Setzt man bei dem Waſſer eine vollkommene Bewegbarkeit voraus, kennt man den Widerſtand, welchen

Behälters war. Ueberhaupt kann die Weite des Gefäßes, worin die Ausflußöfnung angebracht iſt, ſo lange keine Aenderung im Ausfluß verurſachen, als in die obere Oefnung des Kaſtens bei der Höhe des Waſſers noch mehr Waſſer einſchießen könnte, als die untere Oefnung des Kaſtens, wenn der Kaſten gar nicht vorhanden wäre, durchlaſſen könnte. Es iſt in ſolchem Fall grade ſo gut, als ob die Oefnung unmittelbar im großen Behälter angebracht wäre.

*) Bei Gefäßen, die nicht über 15 oder 20 Fuß hoch ſind, muß, weil für ſolche die Höhe des ſpringenden Strahls noch wenig von der Höhe des Gefäßes verſchieden iſt, der Ausfluß in den erwähnten 3 Richtungen freilich unmerklich verſchieden ſein, für größere Höhen aber muß er immer beträchtlicher werden, und je mehr die Höhe die 20 Fuße übertrifft, deſto beträchtlicher muß der Unterſchied zwiſchen dem Ausfluß (fig. 19.) und denen Ausflüſſen (fig. 17. u. 18.) werden. Mir ſind auch keine Verſuche von ſo beträchtlichen Höhen bekannt, welche des Hrn. Verf. Satz beſtätigten.

der Oefnung, wenn diese klein ist, sehr nahe wie a
s angegeben haben. Es scheint hieraus zu folgen,
in allen Fällen, wo die Verhältniß des Quersch
des Strahls zur Weite der Oefnung durch diese a

Theorie nur so viel, daß die Fallröhre nicht mehr
erhalten werden kann, sobald $\frac{w^2}{W^2 - w^2} . h > a$ -
ist. Weil nun die Geschwindigkeit im Spring
$\frac{W}{w}$ mal so groß als in der Fallröhre sein muß, so ist
größte Höhe, der die Geschwindigkeit des Wasser
Springstock zugehört, $= \frac{W^2}{w^2} . (a + k)$, wobei
mal der Behälter gegen der Fallröhre unendlich weit
genommen, die Höhe h mag so groß man immer
sein; so lang aber $\frac{w^2}{W^2 - w^2} . h$ nicht $> a$ -
ist, bleibt die Fallröhre wirklich angefüllt, und di
Geschwindigkeit in dem Springstock zugehörige H
wenn die Wassertiefe im Gefäß $= a$ bleiben soll,
$+ h$; heißt nämlich die Weite des Behälters W
schießt nun das Wasser mit einer Geschwindigkeit in
Springstock, welche der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (a +$
zugehört, die aber in diesem Fall $= a + h$ bleibt,
$\frac{w^2}{W^2}$ wie o angesehen werden muß. Genau
nommen ist freilich diese Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (h +$
$> h + a$, und um so viel größer, je größer w
je weiter der Springstock ist, allein ihr Unterschied
h

muß 1) die Verhältniß $15 : 14\frac{3}{4} = 14\frac{3}{4} : h$ ſehr nahe $= 14\frac{5}{8}$, welches die Höhe anzeigt, von der ein Körper fallen müßte, um $29\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sek. zu durchlaufen *).

§ 1. Die Oefnung bleibe unverändert $\frac{1}{10}$ von der ganzen Bodenfläche, die Höhe des Gefäßes aber ſei nach und nach 5, 10, 20, 25 Fuß u. ſ. f. ſo ergibt ſich durch die Formel $v = a + \frac{a\,b}{y}$ (§. 16.) die Länge

1) Man beweißt in den mechaniſchen Schriften, daß, wenn man die Wurfslinie A B (fig. 20.), die mit dem Horizont gleichlaufend angenommen wird, und die Linie des Falls B F bei einer durchgelaufenen Parabel A E F kennt, man alsdann die Höhe, von der ein ſchwerer Körper fallen muß, um am Ende ſeines Falls die Geſchwindigkeit zu haben, mit der er die Linie A B in eben der Zeit gleichförmig durchlaufen könnte, worin er vermöge der Schwere die Höhe B F durchlauft, dadurch findet, daß man zur Linie des Falls A G und der Hälfte der Wurfslinie A B die dritte Proportionallinie ſucht. ſ. den Cours de mathem. de Belidor page 421. &c.

*) Oder richtiger geſprochen: um die Geſchwindigkeit zu erlangen, mit der er $29\frac{1}{2}$ Fuß in 1 Sek. durchlaufen kann. Wenn 15 Fuß der freie Fall in 1 Sek. iſt, und v die geſuchte Höhe bedeutet, ſo iſt bekanntlich nach den mechaniſchen Grundlehren

$$v = \frac{29{,}5^2}{4{,}15} = 14{,}504 \text{ Fuß.}$$

Dieſe Erinnerung macht die ohnehin weniger deutliche Note des Hrn. Verf. entbehrlich.

ge des Waſſerzilinders, welcher bei gleichförmiger
wegung in eben der Zeit durch die Oefnung lauft,
ſich das Gefäß, wenn ſein Boden weggenommen
ſich ganz ausleeren müßte. Nun nehme man a

Fuß; $v = 9\frac{5}{6}$ Fuß; $\frac{v}{2} = 4\frac{11}{12}$; und nun ſetze

die Proportion $5 : 4\frac{11}{12} = 4\frac{11}{12} : h$, ſo ergibt ſich
he $h = 4$ Fuß 10 Zoll.

Wann die Höhe des Gefäßes 10 Fuß, h = 9 F
— — — 15 — h = 14 F
— — — 20 — h = 19 F
— — — 25 — h = 24 F
— — — 30 — h = 29 F

82. Wenn ein Körper mit derjenigen Ge
digkeit aufwärts geworfen wird, welche er durc
Fall von einer gewiſſen Höhe in einer gewiſſen Z
langt hat, ſo weiß man, daß er in der nämlichen
wieder zu der nämlichen Höhe ſteigen muß. W
ben aber (§. 80.) gewieſen, wie man die Höhe
welche dem durch die Oefnung abfließenden Waſſ
ihm beiwohnende gleichförmige Geſchwindigkeit verſ
Dieſe Höhe gibt alſo zugleich die Höhe des ſpring
Strahls an, wenn ſolcher lothrecht aufwärts ge
wird. In den folgenden Tafeln findet man die
des ſpringenden Strahls nach der Höhe des Zufluß
ters, nebſt dem Unterſchied beider Höhen für ſolche
le angegeben, wo die Oefnung $\frac{1}{30}$ oder $\frac{1}{12}$ der g
Bodenfläche beträgt.

Die Oefnung zu $\frac{1}{10}$ des Bodens angenommen.

Höhen des Behälters.	Höhen des springenden Strahls.	Unterſchiede.
5 Fuß.	4 Fuß 10 Zoll.	2
10	9 8	4
15	14 6	6
20	19 4	8
25	24 2	10
30	29 0	12

Die Oefnung zu $\frac{1}{10}$ des Bodens angenommen.

Höhen des Behälters.	Höhen des springenden Strahls.			Unterſchiede.		
5 Fuß.	4 Fuß	6 Zoll	0 Lin.	0 Fuß	6 Z.	0 Lin.
10	9	0	3	0	11	9
15	13	6	5	1	5	7
20	18	0	7	1	11	5
25	22	7	7	2	4	5
30	27	0	10	2	11	2

83. Man könnte nach dieſen Grundſätzen andere Tafeln nach den verſchiedenen Verhältniſſen, welche die Oefnungen gegen der ganzen Bodenfläche haben könnten, einrichten. Man ſieht leicht, daß von dieſer Verhältniß die Höhe des ſpringenden Strahls abhängt. *) Wenn

*) Nur nicht nach der Theorie des Hrn. Verf., wie aus den bisherigen Anmerkungen erhellet. Die Fallröhre vom Boden des Einflußbehälters bis zur untern Mündung des aufgeſetzten Springſtocks gerechnet, iſt hier

Wenn es aber wichtig iſt, die Reſultaten der Theori
wiſſen, ſo iſt es nicht minder erheblich, die Abweic
gen in der Ausübung kennen zu lernen.

84. Die erſte Betrachtung, welche hier vorf
und die von Wichtigkeit iſt, bezieht ſich auf die Zuſ
menziehung des Strahls. Wir haben geſagt, i

n

das Gefäß, welches voll erhalten werden ſoll, un
Weite des Springſtocks iſt die Weite der Oefnung
voll zu erhaltenden Gefäßes. Nach der Bernoulli
Theorie, die keine Rückſicht auf die Atmoſphäre nim
müßte nun, wenn die Höhe der Fallröhre = h,
Weite = W und die Weite des Springſtocks oder
ſatzſtücks = w wäre, die Geſchwindigkeit des Str
beim Ausfluß der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . h$ zugehören;
heißt aber nur ſo viel: Wenn die Weite des Zuflu
hälters gegen der Weite der Fallröhre unendlich groß
ſo müßte nach der Bernoulliſchen Theorie die beſtän
Waſſertiefe ein Behälter über der obern Mündung
Fallröhre = $\frac{w^2}{W^2 - w^2} . h$ ſein, alſo z. B. n
$W^2 = 2 , w^2$ wäre, = $\frac{w^2}{2w^2 - w^2} . h = h$; n
daher die Fallröhre 1,41mal ſo weit als der Spring
wäre, ſo müßte, dafern die Fallröhre beſtändig vol
halten werden ſollte, der Waſſerbehälter über der ol
Mündung der Fallröhre, wenn er gegen dieſer M
dung unendlich weit wäre, eben ſo hoch ſein, als
Fallröhre. Das Waſſer ſchöſſe alsdann mit der
Höhe h gehörigen Geſchwindigkeit längſt der Fallr
fort, und müßte alſo aus dem Springſtock mit e

und zu $\frac{1}{30}$ des Bodens, so ersieht man aus der Tafel (§. 82.), daß, so wie die Höhe des Falls zu 5, 10, 15, 20, 25 u. s. f. Fuß angenommen wird, der Unterschied zwischen der Höhe des Strahls und der Höhe des Falls 2 · 3 · 4 · 5 · 6 mal so groß u. s. f. wird, als wann die Höhe des Falls nur 5 Fuß beträgt.

88. Hr. Mariotte hat im Anfang des vierten Theils seines Buchs du mouvement des eaux *) zu beweisen geglaubt, daß, wenn man zwei Springwerke von verschiedenen Höhen hat, die Unterschiede zwischen der Höhe des Strahls und des Falls sich wie die Quadrate von der Höhe des Strahls verhalten; wann nämlich die Höhe des einen Strahls doppelt so groß als die des andern Strahls wäre, so wäre der Unterschied des Strahls von der Fallhöhe in jenem Fall 4mal so groß als in diesem. **) Dieser Schriftsteller setzt noch hinzu, eine Fallröhre von 5 Fuß

*) S. 322 u. s. f. der deutschen Uebersetzung.

**) Wenn in Fußen die Höhe des Falls h und die des Strahls b heißt, so ist nach Mariotte

$$h = b + \left(\left(\frac{b}{5}\right)^2 \text{ Zolle}\right)$$

$$= b + \left(\frac{b^2}{25} \text{ Zolle}\right) = b + \frac{b^2}{300} \text{ Fuße,}$$

also $h - b = \frac{b^2}{300}$, oder $300 \cdot (h - b) = b^2$.

Verzeichnet man also eine Parabel, deren Parameter $= 300$ ist, und man läßt darin die Ordinaten die Höhen

der Oefnung, wenn dieſe klein iſt, ſehr nahe wie 2 zu 3 angegeben haben. Es ſcheint hieraus zu folgen, daß in allen Fällen, wo die Verhältniß des Querſchnitts des Strahls zur Weite der Oefnung durch dieſe 2 : 3 aus-

Theorie nur ſo viel, daß die Fallröhre nicht mehr voll erhalten werden kann, ſobald $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . h > a + k$ iſt. Weil nun die Geſchwindigkeit im Springſtock $\frac{W}{w}$ mal ſo groß als in der Fallröhre ſein muß, ſo iſt die größte Höhe, der die Geſchwindigkeit des Waſſers im Springſtock zugehört, $= \frac{W^2}{w^2} . (a + k)$, wobei allemal der Behälter gegen der Fallröhre unendlich weit angenommen, die Höhe h mag ſo groß man immer will ſein; ſo lang aber $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . h$ nicht $> a + k$ iſt, bleibt die Fallröhre wirklich angefüllt, und die der Geſchwindigkeit in dem Springſtock zugehörige Höhe, wenn die Waſſertiefe im Gefäß $= a$ bleiben ſoll, $= a + h$; heißt nämlich die Weite des Behälters W, ſo ſchießt nun das Waſſer mit einer Geſchwindigkeit in den Springſtock, welche der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (a + h)$ zugehört, die aber in dieſem Fall $= a + h$ bleibt, weil $\frac{w^2}{W^2}$ wie o angeſehen werden muß. Genau genommen iſt freilich dieſe Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (h + a) > h + a$, und um ſo viel größer, je größer w oder je weiter der Springſtock iſt, allein ihr Unterſchied von $h + a$

gedruckt werden kann, die wahre Ausflußöffnung nicht diejenige iſt, welche man angenommen hatte, ſondern nur $\frac{1}{3}$ von letzterer, weil der herausfahrende Strahl nur dieſe Dicke hat.

$h + a$ iſt, wenn W nur einigermaßen beträchtlich, z. B. nur $= 20 . w$ iſt, ſo unbeträchtlich, daß ſie damit für einerlei gehalten werden kann; kommt aber w und W dem Werth von W nahe, ſo iſt allerdings $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (h + a)$ merklich $> h + a$, alsdann gehört alſo die Geſchwindigkeit in dem Springſtock einer Höhe zu, die merklich größer iſt, als $h + a$; es iſt aber ſolches ſehr natürlich, denn alsdann muß der Behälter, deſſen Weite W iſt, wieder ſeinen Zufluß aus einem unendlich größern erhalten, um auf die Höhe a voll zu bleiben, und dieſer andere Behälter muß eine Waſſertiefe $= \frac{w^2}{W^2 - w^2} . (h + a)$ haben, das Waſſer ſchießt alsdann mit der zur Höhe $\frac{w^2}{W^2 - w^2} . (h + a)$ in den untern Behälter, deſſen Weite W iſt, folglich mit der zur Höhe $\frac{W^2}{w^2} . \frac{w^2}{W^2 - w^2} . (h + a)$ oder $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (h + a)$ gehörigen Geſchwindigkeit in den Springſtock, dafern nur dieſe Höhe nicht größer als $\frac{W^2}{w^2} . \frac{W^2}{W^2 - w^2} . (a + k)$ iſt. Je weiter die unterſte Oefnung oder die Weite des Springſtocks iſt, deſto ſtärkern Abgang leidet der Zuflußbehälter, und deſto beträchtlicher muß alſo die Geſchwindigkeit des Waſſers

Wir wollen die Tafel (§. 84.), wo wir die Höhen des Strahls in Rückſicht auf die Höhen des Zufluß-behälters berechnet haben, die Oefnung zu $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche angenommen, zum Beiſpiel nehmen; zeigt

ſers ſein, welches den Zuflußbehälter voll erhält, oder die Geſchwindigkeit der Oberfläche im Behälter, folglich auch um ſo viel größer die Waſſerhöhe, von der die Geſchwindigkeit im Springſtock herrührt. Iſt aber W gegen w nur einigermaßen beträchtlich, ſo ſind die Geſchwindigkeiten, welche den Höhen $h + a$ und $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . (h + a)$ zugehören, unmerklich von einander verſchieden, und in der Ausübung einander gleich zu achten.

Ex. Es ſei $w = \frac{1}{4}$, $h = 600$ Fuß, $k = 31$, $a = 4$, und $\frac{w}{W} = \frac{1}{100}$, ſollte nur bloß die Fallröhre voll erhalten werden, ſo gehörte nach der Bernoulliſchen Theorie die Geſchwindigkeit im Springſtock der Höhe

$$\frac{W^2}{W^2 - w^2} . h = \frac{1}{1 - \frac{w^2}{W^2}} . h = \frac{1}{1 - \frac{1}{16}} . 600 =$$

$\frac{16}{15} . 600 = 640$ Fuß zu, oder es müßte die Fallröhre mit einem gegen der Weite dieſer Röhre unendlich weiten Behälter verbunden ſein, der 40 Fuß tief mit Waſſer angefüllt wäre; hat man nun aber nur einen 4 Fuß tiefen Behälter, ſo wäre es falſch, zu ſagen, die Geſchwindigkeit im Springſtock gehöre nach der Bernoulliſchen Theorie der Höhe von 640 Fuß zu; man muß vielmehr nun Rückſicht auf die Vollerhaltung des Behälters, deſſen Weite ich W genannt habe, nehmen. Es iſt ſo gut, als hätte dieſer Behälter die Tiefe von

eigt in diesem Fall der Wasserstrahl die erwähnte Zusammenziehung, so ist die wahre Ausflußöfnung nur $\frac{5}{7}$ von der angenommenen, und ihre Verhältniß zur ganzen Bodenfläche nicht $\frac{1}{50}$, sondern nur $\frac{1}{70}$; wenn also die Oef-

$600 + 4 = 604$ Fuß, und im Boden die Oefnung w, und die Geschwindigkeit gehörte also nach der Bernoullischen Theorie der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot 604 = \frac{10000}{9999} \cdot 604 = 604{,}06$ Fuß, die von der zur Höhe von 604 Fuß gehörigen Geschwindigkeit gar nicht unterschieden werden kann. Nach oben erwähnter Einschränkung ist aber die der Geschwindigkeit im Springstock zugehörige Höhe hier nur $= \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot \frac{w^2}{W^2} \cdot (a + k) = 560{,}9$ Fuß statt 604 Fuß, und die Fallröhre kann nicht ganz mit Wasser angefüllt bleiben.

Nun wäre es ein sehr irriger Gedanke, wenn man z. B. dadurch, daß man $w = W = 4$ nähme; indem $W = 100$ bliebe, die Geschwindigkeit nach dieser Theorie zu vergrößern glaubte. Sollte die Röhre ganz mit Wasser angefüllt bleiben können, so müßte nun die Geschwindigkeit im Springstock der Höhe $\frac{10000}{10000 - 16} \cdot 604 = \frac{10000}{9984} \cdot 604 = 604{,}96$ Fuß zugehören, welche wieder von der zu 604 Fuß gehörigen Geschwindigkeit nicht unterschieden werden kann. Es erhellet aber, wie vorhin, daß die Geschwindigkeit in diesem Fall nur noch der Höhe von $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot \frac{w^2}{W^2} (a + k) = 35{,}05$ zugehört, und die Fallröhre nicht ganz angefüllt bleiben kann.

Wollte

nung in Vergleichung mit dem Boden durch $\frac{1}{10}$ ausgedruckt wird, ſo muß man, um die Höhen des Strahls zu berechnen, grade ſo verfahren, als beträge die Oeffnung nur $\frac{1}{17}$ des Bodens.

85.

Wollte man aber zur beträchtlichen Vergrößerung der Geſchwindigkeit des Waſſers im Springſtock W nur = 8 nehmen, und w = W = 4 laſſen, ſo gehörte nach der Bernoulliſchen Theorie, für die volle Röhre, die Geſchwindigkeit im Springſtock der Höhe $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot 604$

$= \frac{64}{64 - 16} \cdot 604 = \frac{4 \cdot 604}{3} = 805\frac{1}{3}$ Fuß. Dieſer Erfolg würde auch wirklich ſtatt finden, wenn k = 600 Fuß angenommen werden könnte, alsdann müßte nämlich zur Vollerhaltung der Behälter $205\frac{1}{3}$ Fuß hoch mit Waſſer angefüllt ſein, und ſich oberwärts ins Unendliche erweitern, damit die Geſchwindigkeit der Oberfläche = 0 geſetzt werden könnte. Gedenkt man ſich aber alle dieſe Bedingungen als unerfüllt weg, ſo iſt die der größten Geſchwindigkeit zugehörige Höhe $= \frac{W^2}{w^2} \cdot \frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot$

$(2 + k) = \frac{64}{64 - 16} \cdot 35 = \frac{4}{3} \cdot 35 = 46{,}66$ Fuß; aber nun muß der Zuflußbehälter, um voll erhalten zu werden, mit einem andern Behälter, der gegen W eine ſehr beträchtliche Weite hat, verbunden, und dieſer obere Behälter 46,66 — 35 = 11,66 Fuß hoch mit Waſſer angefüllt ſein. Wäre im vorigen Fall der Zuflußbehälter gleichfalls um 11,66 Fuß höher mit Waſſer angefüllt, ſo wäre die Geſchwindigkeit im Springſtock ſo groß wie im jetzigen Fall, folglich iſt im Grund nicht durch die

Ver-

85. So wie die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden kleiner wird, ſollte der Unterſchied zwiſchen der Höhe des Strahls und der Höhe des Falls aus dem Behälter geringer werden. Inzwiſchen bemerkt man doch, daß der Strahl nicht zu dünne ſein darf; die Luft vertheilt ihn ſonſten allzuleicht; und wenn die Waſſertheilchen, welche den Strahl bilden, zerſtreut werden, ſo ſetzen ſie der Luft eine allzugroße Fläche entgegen, leiden alſo einen größern Widerſtand, und verliehren ihre Geſchwindigkeit früher.

86. Wann die Oefnung $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche beträgt, ſo iſt nach unſern Grundſätzen der Unterſchied zwiſchen der Höhe des Strahls und der Höhe des Waſſer-

Veränderung der Verhältniß $\frac{W}{w}$ die Geſchwindigkeit vergrößert worden, ſondern durch die wegen dieſer Veränderung vorgenommene Erhöhung des Waſſerſtands. Wird alſo der Waſſerſtand nicht wirklich erhöht, und kein neuer Behälter von beträchtlich größerer Weite über dem, deſſen Weite W iſt, angelegt, ſo fällt die Geſchwindigkeit noch geringer als im vorigen Fall aus, wo $\frac{w}{W}$ ſehr viel kleiner war, und um eben die Geſchwindigkeit im Springſtock wie im vorigen Fall zu erhalten, müßte man entweder W vergrößern, oder w verkleinern. Ob ich gleich hier verſchiedene Erinnerungen zum Gebrauch der Bernoulliſchen Theorie beigebracht habe, ſo ſieht man doch daraus, wie ungegründet der vom Hrn. Verf. der Bernoulliſchen Theorie gemachte Vorwurf iſt, als ob nach ſolcher bei Springwerken der Strahl bei einerlei Waſſerhöhe deſto höher ſteigen müſſe, je weiter der Springſtock gemacht werde.

Wasserfalls von keiner Beträchtlichkeit. Macht nun die Oefnung allmählig noch kleiner, so ist die d noch entstehende Vergrößerung der Höhe des Str sehr wenig merklich, und was man durch die Ver nerung der Oefnung gewinnen kann, kann durch Widerstand der Luft leicht verlohren werden. Ma sieht aus der Tafel (§. 82.), wo wir die Oefnun $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche angenommen haben, daß die Höhe des Wasserfalls von 5 Fußen die Höhe Strahls 4 Fuß 10 Zoll betrage. Der Unterschied ser Höhen ist 2 Zolle. Um solchen nach der Th ganz verschwindend zu machen, so müßte man die nung unendlich klein werden lassen. Man kann dieser Oefnung von $\frac{1}{10}$ bis zu $\frac{1}{\infty}$ eine unendliche M von Werthen geben; und da man durch dieses Ver ren zum höchsten zween Zolle gewinnen kann, so f daß die Höhe des Strahls bei der allmähligen Ver derung der Oefnung nicht anders als sehr unmer wachsen könne.

87. Was auch die Oefnung für eine Verhä zu der Bodenfläche haben mag, so sind nicht nu Höhen des Strahls und des Wasserfalls allemal vers den, sondern die Unterschiede sind auch um so viel gr je größer die Oefnung ist, und bei einerlei Oefnung n sen sie, der Natur der Sache gemäß, destomehr beträchtlicher die Höhe des Falls ist. So ergibt sich wenn die Oefnung $\frac{1}{10}$ und zu $\frac{1}{30}$ der ganzen Bodenfl und die Höhe des Falls zu 5 Fuß angenommen n die Höhe des Strahls zu 4 Fuß 6 Zoll und zu 4 10 Zoll. Der Unterschied ist also desto größer, je ßer die Oefnung ist. II) Setzt man die Oefnung z

und zu $\frac{1}{10}$ des Bodens, so ersieht man aus der Tafel (§. 82.), daß, so wie die Höhe des Falls zu 5, 10, 15, 20, 25 u. s. f. Fuß angenommen wird, der Unterschied zwischen der Höhe des Strahls und der Höhe des Falls 2 · 3 · 4 · 5 · 6 mal so groß u. s. f. wird, als wann die Höhe des Falls nur 5 Fuß beträgt.

88. Hr. Mariotte hat im Anfang des vierten Theils seines Buchs du mouvement des eaux *) zu beweisen geglaubt, daß, wenn man zwei Springwerke von verschiedenen Höhen hat, die Unterschiede zwischen der Höhe des Strahls und des Falls sich wie die Quadrate von der Höhe des Strahls verhalten; wann nämlich die Höhe des einen Strahls doppelt so groß als die des andern Strahls wäre, so wäre der Unterschied des Strahls von der Fallhöhe in jenem Fall 4mal so groß als in diesem. **) Dieser Schriftsteller setzt noch hinzu, eine Fallröhre von 5 Fuß

*) S. 322 u. s. f. der deutschen Uebersetzung.

**) Wenn in Fußen die Höhe des Falls h und die des Strahls b heißt, so ist nach Mariotte

$$h = b + \left(\left(\frac{b}{5}\right)^2 \text{ Zolle}\right)$$

$$= b + \left(\frac{b^2}{25} \text{ Zolle}\right) = b + \frac{b^2}{300} \text{ Fuße,}$$

also $h - b = \frac{b^2}{300}$, oder $300 \cdot (h - b) = b^2$.

Verzeichnet man also eine Parabel, deren Parameter $= 300$ ist, und man läßt darin die Ordinaten die Höhen

Fuß 1 Zoll gebe einen 5 Fuß hohen Strahl. Diese Erfahrung und dem vorhergehenden Satz gemäß, hat er nachstehende Tafel verfertigt, welche die zu jeder Fallhöhe gehörige Höhe des Strahls angibt. *)

Höhe

hen des Strahls bedeuten, so drucken die zugehörigen Abscissen den Unterschied aus, um welchen die Höhe des Falls größer ist, als die Höhe des Strahls. Eine solche Parabel gibt also die sinnlichste Darstellung von Mariottes Behauptung.

*). Wann Mariotte bloß die erwähnte einzige Beobachtung bei einem 5 Fuß hohen Strahl angestellt, und nun ohne weitere Rechtfertigung den obigen Satz darauf angewendet hätte, um seine Tafel zu berechnen, so würde solche nicht den geringsten Glauben verdienen. Allein Mariotte führt in seiner Schrift a. a. O. vielerlei Beobachtungen an, die alle mit dieser Berechnung gut genug übereinstimmen. Mariotte versichert, daß er seine Beobachtungen bis zum Fall von 50 Fußen angestellt, und der erwähnten Berechnung gemäß befunden habe. (Uebersetz. S. 335.) Man hat auch bisher in der Lehre von den Springwerken allemal diese Mariotteschen Beobachtungen zum Grund gelegt, und folglich die Formel $h = b + \frac{b^2}{300}$ beibehalten. In der That ist aber diese ganze Lehre noch sehr weit von ihrer Vollkommenheit entfernt und mit Schwierigkeiten verwebt, die sich so leicht nicht werden heben lassen. Daß die Höhe des Strahls allemal geringer als die Höhe des Falls sein müsse, ist bei so vielen Hindernissen leicht zu erwarten. Vorzüglich muß der Umstand, daß die aus dem Springstock herausfahrenden Wassertheilchen eine unveränderte Lage gegen einander behalten müßten, daferne sie die ihrer ersten Geschwindigkeit angemessene Höhe erreichen sollten,

Höhe des Strahls. 5 Fuß.	Höhe des Falls. 5 Fuß	1 Zoll.
10	10	4
15	15	9
20	20	16
25	25	25
30	30	36
35	35	49
40	40	64
45	45	81
50	50	100
55	55	121
60	60	144
65	65	169
70	70	196
75	75	225
80	80	256
85	85	289
90	90	324
95	95	361
100	100	400

Hr.

sollten, hier in Betrachtung gezogen werden; denn da sich dieses gar nicht erwarten läßt, so muß hierin eine vorzügliche Ursache von der mindern Höhe des Strahls liegen. Der Widerstand der Luft, dem man hierbei so viel zuzuschreiben pflegt, mag wohl der unschuldigste Theil sein. Beim ersten Aufsteigen des Strahls hat zwar seine vordere der Luft entgegen steigende Fläche eine Geschwindigkeit, gegen die der Anstoß der Luft beträchtlich

Hr. Mariotte druckt ſich, nachdem er dieſe Taf
mitgetheilt hat; ſo aus: „die Reibung an den Ränder
„der Springſtöcke vermindert dieſe Verhältniß bei große
„Höhen um ein weniges; eben darum iſt es bei ſo gr
„ße

lich ſein kann, wenn die Fallhöhe hoch iſt, ſo daß au
hierdurch dünne Strahlen gar leicht zertheilt werden kö
nen; allein je höher dieſe vordere Fläche des Strahl
aufwärts ſteigt, deſto geringer wird ihre Geſchwindig
keit, und bei ihrem höchſten Stand, den ſie erreich
muß ihre Geſchwindigkeit = o ſein, der Widerſtan
der Luft muß alſo in der Zeit, da der Strahl nach de
erſten Eröfnung des Springſtocks bis zu ſeiner größte
Höhe aufwärts ſteigt, beſtändig abnehmen, und ſobal
er einmal dieſe größte Höhe erreicht hat, kann er ga
nicht mehr in Rechnung kommen, dafern die Querſchni
te des Strahls wie jeder ſchwere Körper in die Höh
ſteigen; die hiernächſt aus dem Springſtock nachkom
menden Querſchnitte empfinden alſo auch nichts von der
Widerſtand der Luft. Der Frh. von Wolf glaubte zwa
die Unbeträchtlichkeit von dieſem Widerſtand durch eine
Verſuch im luftleeren Glaſe bewieſen zu haben (Elem
math. T. II. pag. m. 437.); allein da er den Ver
ſuch nur bei einer Höhe von 1 Fuß angeſtellt hat, un
zu einem Strahl von 1 Fuß hoch nur ein Waſſerfall vo
einer Höhe = $1 + \frac{1}{300}$ Fuß = 1 Fuß, 0,48 Lin. ge
hört, alle Hinderniſſe zuſammengenommen, alſo hie
die Höhe noch nicht um $\frac{1}{2}$ Linie vermindern, ſo konnt
die bei dieſem Verſuch von der Luft allein herrührend
Verminderung freilich nicht merklich ſein, zumal da di
ganze Höhe des Strahls wegen ſeiner Zertheilung kaun
ſo genau angegeben werden kann. Aus dem vorhin an
geführten Grund kann ich aber auch für die größten Fall
höhen den Widerſtand der Luft nicht als beträchtlich an
ſehen

en Höhen nöthig, daß die Mündungen der Springlöcke 10 oder 12 Linien weit genommen werden; denn „wären

sehen. Auch die Art, wie der Strahl aufwärts steigt, oder das Gesetz, nach welchem sich die Geschwindigkeit der einzelnen Querschnitte abändert, verdiente eine Betrachtung. Man nimmt zwar gewöhnlich dabei das Gesetz an, nach welchem aufwärts geworfene Körper in die Höhe steigen, nämlich mit gleichförmig verzögerter Geschwindigkeit; allein wäre dieses, so müßte, weil in jedem Augenblick durch jeden Querschnitt in der Bahn des Strahls gleichviel Wasser sich bewegen muß, der Strahl oberwärts in eben der Verhältniß dicker werden, in welcher seine Geschwindigkeit abnimmt, also nahe unter seiner größten Höhe ungeheuer, und in der Stelle seiner größten Höhe gar unendlich dick werden, weil da das Wasser mit einer Geschwindigkeit = 0 anlangen müßte. Allein die Erfahrung ist dagegen, und es läßt sich die Erscheinung eines ganz andern Erfolgs auch sehr leicht theoretisch erkennen. Die steigenden Wassertheilchen lassen sich, physisch betrachtet, nicht als unendlich dünn ansehen; man weiß, daß sich eine ganze Menge unendlich kleiner flüßigen Theilchen ungetrennt beisammenhält, und in der Dicke eines Tröpfchens mit gemeinschaftlicher Geschwindigkeit sich fortbewegt; das untere Theilchen eines solchen Tröpfchens hat keine größere Geschwindigkeit als das obere, sondern beide gehören zusammen zur Masse des mit einer gewissen Geschwindigkeit steigenden Tröpfchens; alle horizontal neben einander liegende solche Tröpfchen zusammengenommen, machen einen wirklich physischen Querschnitt des Strahls aus, oder eine Wasserschichte. Aus lauter solchen Schichten ist der Strahl zusammengesetzt. Schon aus dieser Ursache kann also die Geschwindigkeit des Strahls nicht von Augenblick zu Augenblick oder von

„wären sie nur 2 oder 3 Linien weit, so würden sie lan„ge nicht so hoch als nach dieser Tafel steigen. Bei der „Ge-

Punkt zu Punkt abnehmen, sondern jede physische Schichte muß auf ihrer Oberfläche eben die Geschwindigkeit haben, wie auf ihrer Grundfläche.

Nun sollte nach den Gesetzen der Bewegung jede obere Schichte schon eine ihrer größern Höhe angemessene größere Geschwindigkeit haben, als die nächstniedrigere. So wie also die erste Wasserschichte die Mündung des Springstocks verläßt, und nun die zwote nachfolgt, so nimmt die Geschwindigkeit der ersten Schichte ab, und wird kleiner als die der nachfolgenden zwoten; sollte diese zwote mit ihrer ganzen Geschwindigkeit, welche die erste an der Mündung hatte, ungehindert aufsteigen können, so müßte die erste entweder mit ihrer ungeänderten Breite mit ihrer anfänglichen Geschwindigkeit fortsteigen, oder sie müßte zum Theil durch ihre vertikale Bewegung, zum Theil durch ihre horizontale Ausbreitung in einen größern Raum der untern volle Freiheit verstatten, und nun die zwote Schichte, so wie sie in die Stelle der ersten tritt, sich gleichfalls auf eben die Art ausbreiten. Ersteres ist bei den ohnunterbrochenen Eindrücken der Schwere unmöglich.

Zur Ausbreitung der Schichte aber nach der Verhältniß der abnehmenden Geschwindigkeit ist keine Kraft vorhanden, also sehe ich nicht, wie es der folgenden zwoten Schichte verstattet sein könnte, mit voller Freiheit, wie sie die erste hatte, der Höhe des Falls gemäß aufzusteigen; es folgt vielmehr hieraus, daß, wenn alle Theilchen übrigens einerlei Lage gegen einander behalten, die untere oder zwote Schichte die obere oder erste, welche langsamer steigt, also nicht schnell genug der untern ausweicht, beschleunigen müsse; eben hier-

durch

Geschwindigkeit eines hohen Strahls widersteht die Luft in solchem Nachdruck, daß sie das Wasser durch den „Stoß

durch aber verliehrt die untere einen Theil ihrer Geschwindigkeit, und beide zusammen steigen mit einer gemeinschaftlichen mittlern Geschwindigkeit fort.

Eben so muß es sich verhalten, wenn die zwote Schichte die Mündung des Springstocks verlassen hat, und nun die dritte hervortritt; es müssen nun alle drei Schichten mit einer gemeinschaftlichen mittlern Geschwindigkeit fortgehen, u. s. f. Inzwischen erhellet, daß auf solche Art während der ersten Entstehung des Strahls die Geschwindigkeit der untersten Schichte beständig abnimmt und kleiner wird, als der Höhe des Falls gemäß ist, weil die Geschwindigkeit immer unter mehrere Schichten vertheilt wird; aber eben wegen der beständigen Pressung der untern Schichten gegen die obern, die der Schwere entgegengesetzt ist, werden die obern langsamern Schichten nicht allein oberwärts beschleunigt, sondern auch auseinander gepreßt. Der Rand der obern Schichten muß also über den der untern hervortreten, aber sehr begreiflich (wegen der von Schichte zu Schichte unmerklich abnehmenden Geschwindigkeit) auch nur unendlich wenig, und diese Hervortretung muß auf eine ziemliche Strecke aus einem doppelten Grund ganz unmerklich bleiben, einmal weil die Abänderungen der Geschwindigkeit nach den Gesetzen der Bewegung anfänglich weit geringer sind als weiter hinauf, fürs andere, weil eben wegen dieser unmerklichen Abänderung die vordern unendlich wenig hervorragenden oder breitern Schichten diese hervorragenden unendlich kleinen Wassertheilchen wegen der starken anziehenden Kraft der Wassertheile nicht ganz von den untern Schichten losreisen können; daher auf eine ansehnliche Strecke der Strahl von unten hinauf dem Auge fast gleich dick erscheinen

„Stoß in faſt unſichtbar kleine Theilchen zertheilt, u
„che nicht gar hoch ſteigen können. Ich habe beoba
„

muß, oben hin aber wirklich allmählig breiter wi
Daß inzwiſchen dieſe allmählige Erweiterung des Stral
der Geſchwindigkeit des Waſſers an der Mündung
Springſtocks keine größere Freiheit verſtattet, obgle
dieſen breitern Schichten offenbar eine geringere G
ſchwindigkeit mitgetheilt wird, erhellet daraus, w
was von der Kraft der untern Schichten nicht zur V
größerung der Geſchwindigkeit der obern angewen
wird, auf die Ausbreitung der obern verwendet werd
muß. Aber dieſe Preſſungen der untern Schichten
gen die obern, und die Stöhrungen, welche das Ane
anderſtoßen der Waſſertheilchen nothwendig verurſache
und die um ſo viel wirkſamer ſein müſſen, je breiter d
Strahl ſchon wegen jener vertikalen Preſſungen gew
den iſt, gibt endlich den Waſſertheilchen oben eine ſch
fe Richtung, ſo daß ſich der Strahl vollends nach all
Seiten zertheilt und in einer Parabel herabfällt, die
nen kleinen Parameter hat. Aus dieſem allen erhell
nun von ſelbſten, daß im luftleeren Raum ſo wenig a
in der Luft die Höhe des Strahls der Höhe des Fall
gleich kommen kann, auch daß dieſer Unterſchied deſ
beträchtlicher werden müſſe, je höher der Fall iſt. Da
hierbei die ſpecifiſche Schwere der flüßigen Maſſe gleic
falls mit in Betrachtung kommen, und z. B. Queckſi
ber eine noch geringere Höhe bei einerlei Höhe des Fall
erreichen müſſe, als Waſſer, wie der Frh. von Wol
durch Verſuche gefunden hat, fällt von ſelbſten in di
Augen. a. a. O. S. 438. Bei einem höhern Fall ſin
die Preſſungen der einzelnen Schichten ſowohl als di
Erſchütterungen der Waſſertheile ſtärker, daher ſich de
Strahl eher zertheilen und zurückfallen muß. Es i
um ſo viel ſonderbarer, daß man der Luft bei Vermin

derung

„tet, daß auch die Röhren bis zum Aufſatzſtück des „Springſtocks hin eine beträchtliche Weite haben müſ„ſen, und zwar um ſo viel beträchtlicher, je weiter das

derung der Geſchwindigkeit des Strahls eine ſo große Wirkung beilegt, da man bei horizontal herausfahrenden Strahlen dieſen nämlichen Widerſtand ganz außer Acht zu laſſen pflegt; es erhellet aber aus dem bisherigen, daß in ſolchen Fällen auch keine Verdickung des Strahls ſtatt findet. So viel folgt aus dieſem allen, daß bei Springwerken der Strahl keineswegs nach denen Geſetzen ſteigen kann, nach welchen ſonſt geworfene ſchwere Körper ſteigen. Die Dicke des Strahls wird aufwärts nur nach und nach etwas größer, und bleibt allemal auf eine ziemliche Strecke der Dicke an der Mündung des Springſtocks gleich, kann aber überhaupt nicht viel zunehmen, weil ſich bei ſtarker Erweiterung der Strahl zu zertheilen anfängt.

Er muß alſo auf eine gute Strecke mit faſt unveränderter Geſchwindigkeit ſteigen, und dann nur mit unmerklich abnehmender Geſchwindigkeit fortſteigen, ſo daß ſeine Geſchwindigkeit an der höchſten Stelle, die er ungetrennt erreicht, nur um ſo viel kleiner als an der tiefſten Stelle iſt, um ſo viel die Dicke des Strahls bei der Mündung des Springſtocks kleiner als an der höchſten Stelle iſt. Ganz natürlich wird hierdurch die Geſchwindigkeit an der Mündung, weil die Kraft theils zur Ausbreitung, theils zur Beſchleunigung aller Waſſerſchichten verwendet wird, ungemein geſchwächt, und die ausfließende Waſſermenge muß bei weitem geringer ſein, als beim horizontalen Ausfluß, und kann wohl keiner größern Höhe als die des Strahls iſt zugehören. Ich finde indeſſen nicht, daß man beſondere Beobachtungen hierüber angeſtellt hätte, und ich muß mich wun-

dern,

„Aufſatzſtück iſt. Hier theile ich die Beſtimmu
„dieſer Größen mit.„ *)

Höhe des Falls.	Weite des Aufſatzſtücks.	Weite der Röh
5 Fuß.	3; 4; 5; oder 6 Lin.	22 Linien.
10	4; 5; 6	25
15	5; 6	$2\frac{1}{4}$ Zoll.
20	6	$2\frac{1}{2}$
25	6	$2\frac{3}{4}$
30	6	3
40	7; 8	$4\frac{1}{4}$
50	8; 10	$5\frac{1}{2}$
60	10; 12	$5\frac{3}{4}$ oder 6 Z
80	12; 14	$6\frac{1}{2}$ oder 7
100	12; 14; 15	7 oder 8

dern, daß ſogar Hr. Boſſüt in ſeinem oben (§. 1.
geführten treflichen Traité theorique et experim
T. II. page 126. die durch den ſpringenden S
ausgeworfene Waſſermenge ſchlechthin nach der zur
des Falls gehörigen Geſchwindigkeit berechnet,
doch ſelbſt (§. 585.) den Hauptumſtand ganz richt
zählt, welcher die Geſchwindigkeit des Strahls
Ausfahren aus der Mündung des Springſtocks ve
dert.

*) Aus meinen obigen Anmerkungen erſieht man, w
es eigentlich bei Beſtimmung der Röhrenweite a
me. Sie hängt aber nicht von der Höhe des g
Waſſerfalls allein, ſondern auch insbeſondere vo
Höhe des Waſſerſtands in dem Zuflußbehälter üb
Fallröhre ab. (§. 83. Anm.) Die hier beigefügt
fel iſt daher nicht beſtimmt genug, um ſie auf vo
mende Fälle anzuwenden.

89. Hr. Mariotte ſagt (S. 404.), wenn an einem 5 Fuß hohen Waſſerbehälter ein Springſtock von 6 Linien angebracht werde, ſo müſſe die Röhre zunächſt beim Springſtock etwa 2 Zoll weit ſein. In dieſem Fall verhält ſich die Oefnung zur Bodenfläche, wie 1 zu 16. Bringt man nun wegen der Zuſammenziehung nur $\frac{2}{3}$ von der Oefnung in Anſchlag, ſo verhält ſich die Größe der wahren Ausflußöfnung oder der Querſchnitt des zuſammengezogenen Strahls zur Bodenfläche, wie $\frac{2}{3} : 16 = 2 : 48 = 1 : 24$. Es kann aber nach unſerer Theorie ein 5 Fuß hoher Behälter, deſſen Oefnung $\frac{1}{10}$ der Bodenfläche beträgt, den Strahl nur 4 Fuß 10 Zoll hoch treiben, da hingegen nach Hrn. Mariottes Erfahrung ein 5 Fuß und 10 Zoll hoher Behälter, deſſen Oefnung $\frac{1}{24}$ vom Boden beträgt, einen 5 Fuß hohen Strahl gibt.

90. Das Reſultat, welches dieſer Schriftſteller gibt, würde unſere Theorie umwerfen, wenn wir nicht in ſeinem eigenen Verfahren die Erklärung davon fänden. Anſtatt ſich einer durchaus gleich weiten Röhre zu bedienen, brachte er am obern Theil der Röhre einen Behälter oder eine Tromme an, die einen Fuß im Diameter und einen Fuß zur Höhe hatte. 1) Es hatte aber dieſer Behälter nothwendig einen ſtarken Einfluß auf die Höhe des Strahls.

Es ſei nämlich (fig. 21.) A C K H I D B die Röhre, welche nur unter C D 2 Zoll im Durchmeſſer habe, an ihrem obern Theil aber eine Tromme A C D B von einem Fuß im Durchmeſſer und 1 Fuß hoch; die

1) Mouvement des eaux part. IV. page 292.

vertikale Höhe von der Bodenfläche H I bis zum Waſſerſpiegel A B, betrage 5 Fuß 1 Zoll. Hätte nun der Boden H I gar keine Oefnung, ſo iſt ausgemacht, daß der Druck, welchen er auszuhalten hätte, auf keinerlei Weiſe von der Geſtalt des Gefäßes A C K H I D B abhinge; ſobald aber der Boden eine Oefnung hat, ſo iſt kein Zweifel, daß, ſo wie die geſammte im Gefäß enthaltene Waſſermaſſe zugleich niederſinkt, die Geſchwindigkeit beim Ausfluß um ſo viel größer werden müſſe, je größer die im Gefäß enthaltene Waſſermaſſe iſt. Dieſe Geſchwindigkeit wird niemalen ganz ſo groß, als ſie durch den freien Fall von der Höhe der Röhre herab werden würde, ſie wird ſich aber dieſer Grenze um ſo viel mehr nähern, je höher das Gefäß A C D B iſt (§. 49.), je mehr ſich der Durchmeſſer der Röhre dem C D nähert, und je kleiner die Oefnung O wird. *)

91.

*) Nämlich nach des Hrn. Verf. unrichtiger Theorie. Ganz anders ergibt ſich der Erfolg nach der Anmerkung §. 83. Da zu der Höhe von 5 Fuß 1 Zoll und Oefnung von $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer nicht ſo viel Waſſer gehört, als zur Höhe von 1 Fuß und Oefnung von 2 Zoll im Durchmeſſer, ſo iſt klar, daß ſich die Waſſerſäule in der Röhre von der im Gefäß nicht trennen kann, alſo die Geſchwindigkeit beim Ausfluß der ganzen Waſſerhöhe von 5 Fuß 1 Zoll zugehört, oder eigentlich der etwas größern $\frac{W^2}{W^2 - w^2} \cdot h$ hier $= \frac{144}{144 - \frac{1}{4}} \cdot 5\frac{1}{12} = \frac{576}{575} \cdot 5\frac{1}{12}$, die aber von $5\frac{1}{12}$ Fuß nicht unterſchieden werden kann.

91. Bringt man die Tromme und die Röhre, die Hr. Mariotte bei seinem Versuch gebraucht hatte (§. 90.), auf ein zilindrisches Gefäß von eben der Höhe und eben dem Inhalt, so findet man, daß dieses letztere Gefäß eine 8mal so große Bodenfläche erhalten würde, als der von 2 Zoll im Durchmesser bei voriger Röhre war.

Die Oefnung betrug (ohne Rücksicht auf die Zusammenziehung) nur $\frac{1}{16}$ von der Bodenfläche der Röhre, die 2 Zoll im Durchmesser hatte; vergleicht man also diese Oefnung mit dem 8mal so großen Boden des Gefäßes, so beträgt sie davon nur $\frac{1}{128}$.

Wir haben (§. 49.) bemerkt, daß der Ausfluß aus zweien mit einander verbundenen prismatischen oder zilindrischen Gefäßen von verschiedenen Durchmessern nicht so beträchtlich ist, als aus einem einzigen dergleichen Gefäß von eben der Höhe und eben dem Inhalt. Wir haben auch angemerkt (§. 84.), daß wegen der Zusammenziehung, welchen der Wasserstrahl beim Ausgang leidet, dieser Strahl selbst für die wahre Oefnung angenommen werden müsse. Im gegenwärtigen Fall also trägt die Gestalt des Gefäßes zur Verminderung der Höhe des Strahls bei, da hingegen die Zusammenziehung zu ihrer Vergrößerung beiträgt. Nehmen wir nun an, daß diese beide Wirkungen einander aufheben, und berechnen vermittelst der Formel $v = a + \frac{ab}{y}$ (§. 16.) nach denen zuvor (§. 80.) erläuterten Sätzen die Höhe des Strahls, so würden wir für ein $5\frac{1}{12}$ Fuß hohes Gefäß, dessen Oefnung $\frac{1}{128}$ von der Bodenfläche betrüge, die nach der Theorie zu erwartende Höhe des

Strahls zu 5 Fuß 6 Linien finden. Hrn. Mariottes Beobachtung gibt aber 5 Fuß. Dieser Unterschied von 6 Linien könnte von dem Widerstand der Luft und der nicht ganz vollkommenen Bewegbarkeit der Wassertheilchen herrühren, da letztere nicht so vollkommen ist, als man sie voraussetzt. *)

92. Hr. Mariotte hat beobachtet, daß, wenn man die nämliche Tromme zu oberst an der Röhre beibehält, und die Röhre länger macht, der Strahl alsdann nicht so hoch steigt. Dieser Erfolg rührt ohnstreitig zum Theil vom Widerstand der Luft her; nur ist solcher nicht, wie Hr. Mariotte meint, die einzige Ursache davon. Dann man bringe, so wie man die Röhre verlängert, die Tromme und die Röhre auf ein einziges Gefäß von eben der Höhe und eben dem Inhalt, so wird die Oefnung, wenn solche an sich ungeändert bleibt, in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche immer größer, und daher die Höhe des Strahls immer geringer.

93. Hr. Mariotte hat auch noch folgende Beobachtung gemacht: 1) „daß bei einerlei Höhe der Röhre „der Strahl nicht so hoch steige, wenn man die Oefnung „ein wenig zu groß machte, und daß alsdann das Was„ser aus der Tromme oder dem Zuflußbehälter nicht ge„schwind genug von den Seiten beikommen komte, wel„che von der Einflußöfnung in die Röhre weit abstehen, „und daß dabei gewöhnlich eine Art von Trichter ent„standen.„

Diese Erscheinungen lassen sich aus unserer Theorie vollkommen erklären.

94.

*) s. die Anmerkung zur Tafel §. 88.

1) Mouvement des eaux part. IV. page 296.

94. Aus dem, was wir (§. 90. 91.) gesagt haben, folgt, daß es dem Versuch, den Hr. Mariotte angestellt hat, um denjenigen Durchmesser des Springstocks zu bestimmen, wobei die Höhe des Strahls, der des Falls am nächsten käme, an Genauigkeit fehlt.

Es wäre nöthig gewesen, daß dieser Schriftsteller auf die ganze Höhe des Falls ein durchaus gleich weites Behältniß gebraucht, und nun diejenige Weite bestimmt hätte, welche in Vergleichung mit einer bekannten Oefnung die kleinste wäre, und gleichwohl für solchen Fall den höchsten Strahl gäbe.

95. Allgemein gesprochen muß man, um zu einer gegebenen Fallröhre den höchstmöglichen Strahl zu bekommen, dem Steigrohr den nämlichen Durchmesser geben, wie der Fallröhre; vermindert man seine Weite, so erniedrigt man nothwendig seinen Strahl.

96. Setzt man gleich große Oefnungen voraus, so müssen diejenigen, welche durch platte Oefnungen gehen, den höchsten Strahl geben. Ein Strahl, der aus einem konischen Aufsatzstück steigt, erhebt sich nicht so hoch, und er bleibt am niedrigsten, wenn er aus einem zilindrischen Aufsatzstück emporsteigt. Die konischen und zilindrischen Aufsatzstücke vermindern die Zusammenziehung des Strahls beträchtlich, und liefern in einerlei Zeit eine größere Wassermenge als Oefnungen in dünnen Platten. (§. 36.) Indem man also konische oder zilindrische Aufsatzstücke anbringt, vergrößert man wirklich die Ausflußöfnung und verkleinert nach der Theorie *) die Höhe des Strahls.

Die

*) Nämlich nach der Theorie des Hrn. Verfassers.

99. Man darf nur die Formel $x = a - \frac{a b^2}{y^2}$ betrachten, um überzeugt zu werden, daß, wenn man die Höhen des Behälters in einer arithmetischen Reihe nimmt, die Werthe von x gleichfalls in einer arithmetischen Reihe fortgehen.

100. Wenn der Behälter 5 Fuß hoch ist, und die Oefnung $\frac{1}{10}$ von der ganzen Bodenfläche beträgt, so wird das im Behälter enthaltene Wasser in der Zeit, worin es von der Höhe des Behälters, wenn die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich wäre, frei herabfallen würde, nur um $\frac{1}{100}$ Fuß oder 3 Zoll 11$\frac{1}{7}$ Linien tief sinken. Die Zeit aber, worin ein schwerer Körper 5 Fuß frei herabfällt, ist sehr genau $\frac{4}{7}$ Sek. So viel Zeit braucht also das Wasser im Behälter, um die Geschwindigkeit von 3 Zoll 11$\frac{1}{7}$ Linien zu erlangen, *) und wenn es diese erlangt hat, so bleibt die Bewegung des Wassers im Gefäß, wenn solches beständig gleich voll erhalten wird, sichtbar gleichförmig.

101.

*) Aber diese Geschwindigkeit bezieht sich hier nicht auf ganze Sekunden, sondern auf $\frac{4}{7}$ Sek., und das Wasser hat also, für ganze Sek. gerechnet, die man hier allemal im Sinn hat, eine Geschwindigkeit von 6 Zoll 10$\frac{3}{7}$ Linien im Gefäß, oder in der Oefnung eine Geschwindigkeit von 30. (6 Z. 10$\frac{3}{7}$ Lin.) = 17 Fuß 2$\frac{1}{2}$ Zoll. Es ist also ein Versehen des Hrn. Verf., daß er die Geschwindigkeit im Gefäß nur zu 3 Zoll 11$\frac{1}{7}$ Lin. ansetzt, da sie nach seiner eigenen Theorie 6 Zoll 10 $\frac{3}{7}$ Lin. ist. Nach gewöhnlichen Theorien wäre sie in der Oefnung 17 Fuß 3,6 Zoll.

101. Betrüge die Höhe des Behälters 100 Fuß, und die Oefnung wieder $\frac{1}{10}$ von der ganzen Bodenfläche, so ist die Zeit, worin ein schwerer Körper 100 Fuß hoch frei herabfällt, = 2,58 Sek.; in eben der Zeit nun sinkt das Wasser im Behälter $6\frac{1}{5}$ Fuß, wenn es aber diese Geschwindigkeit erlangt hat, so bleibt die Bewegung, dafern das Gefäß voll erhalten wird, unverändert. *)

102. Da das Wasser im Durchgang durch kleine Oefnungen eine beträchtliche Zusammenziehung leidet, und weil durch diese Zusammenziehung die scheinbare Größe der Oefnung ansehnlich vermindert wird, so folgt, daß die gleichförmige Bewegung, welche das Wasser in einem graden prismatischen beständig voll erhaltenen Behälter erlangt, nach der wirklichen Durchflußöfnung, oder nach dem zusammengezogenen Strahl bestimmt werden muß, nicht aber nach der scheinbaren Oefnung. Ist z. B. die scheinbare Oefnung $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche, und der Querschnitt des zusammengezogenen Strahls nur $\frac{2}{3}$ der scheinbaren Oefnung 1), so ist die wirkliche Aus-

*) Hier ist wie vorhin zu bemerken, daß diese Geschwindigkeit von $6\frac{1}{5}$ Fuß, welche das Wasser nach des Hrn. Verf. Theorie erlangt, nicht auf 1 Sek., sondern auf 2,58 Sek. geht; das Wasser hätte also nach des Hrn. Verf. Theorie in der Oefnung nicht die Geschwindigkeit von $30 \cdot 6\frac{1}{5} = 196{,}66$ Fuß, sondern eine Geschwindigkeit $= \frac{100 \cdot 196{,}66}{258} = 76{,}82$ Fuß. Nach den gewöhnlichen Theorien wäre sie = 77,46 Fuß.

1) Wir setzen voraus, daß der Querschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahls $\frac{2}{3}$ von der Oefnung betrage; wir

Ausflußöfnung nur $\frac{1}{47}$ der ganzen Bodenfläche, und noch dieſer letzten Verhältniß muß man die Beſchleunigung berechnen, welche das Waſſer im Behälter leidet.

103. Wenn man ein Springwerk anläßt, ſo bemerkt man, daß der Strahl nicht alſobald zu der Höhe emporſteigt, die er in der Folge erreichte. Aus unſerer Theorie erſieht man ganz deutlich den Grund hievon. *) Es iſt klar, daß dieſe Erſcheinung bei großen Spring-

nehmen aber dieſe Beſtimmung nur als eine Näherung an, welche in Fällen, wo die Oefnung ſehr klein iſt, hinlängliche Genauigkeit haben kann. Wir erinnern nochmalen, daß das Geſetz, nach welchem die Zuſammenziehung wächſt, unbekannt iſt. Sie ändert ſich zuverläßig nach der Verhältniß der ſcheinbaren Oefnung zu der ganzen Bodenfläche ab, und vielleicht richtet ſie ſich überdas auch nach der Höhe der Behälter.

*) Auch die Bernoulliſche und Eulerſche Theorien geben Rechenſchaft von dieſer allmähligen Erhöhung des Strahls; und Beide finden durch ganz verſchiedene Methoden dennoch einerlei Werth für die Zeit, worin der Strahl nach und nach ſeine größte Höhe erreicht. Sie finden aber dieſen Werth ſo außerordentlich klein, daß die Methoden, welche ſolche geben, allerdings durch ſolche Reſultate verdächtig werden. Inzwiſchen iſt die ſich findende Abweichung von der Erfahrung doch allein nicht hinreichend, die Methoden, deren ſich dieſe große Männer in dieſem Punkt bedient haben, ſchlechthin als unrichtig zu verwerfen. Ihre ganze Theorie iſt zu feſt auf die unbezweifeltſten mechaniſchen Geſetze gegründet, als daß man ſich aus bloßen erfolgenden Abweichungen in der Ausübung berechtigt halten könnte, die Theorie ſelbſten für unrichtig auszugeben. Ich habe mich daher bemüht,

zu

pringwerken noch mehr in die Augen fallen muß, als kleinen, weil in jenem Fall das Waſſer in den Behältern längere Zeit braucht, um die größte Geſchwindigkeit, zu der es gelangen kann, zu erreichen, und der trahl alsdann erſt ſeine größte Höhe hat.

104. Die Durchmeſſer des Behälters mit der Öfnung als beſtändige Größen, die Höhe des Behälters er als veränderlich angenommen, findet man, daß das Waſſer für jede andere Höhe eine andere Beſchleunigung bet, und daß die Geſchwindigkeit, welche es, bevor Bewegung gleichförmig wird, erlangen kann, mit Höhe des Behälters zunimmt. Wenn inzwiſchen Öfnung klein iſt, ſo iſt, wenigſtens bei großen pringwerken, das Wachsthum der Geſchwindigkeit Behälter nicht ſchnell genug, um, wie Hr. Mariot ſagt, beträchtliche Reibungen zu verurſachen. Denn nn die Höhe des Behälters 100 Fuß, und die Öfnung $\frac{1}{10}$ des Behälters beträgt, ſo fällt das Waſſer im ehälter in 2,58 Sek. um $6\frac{1}{5}$ Fuß; dieſe Geſchwindkeit iſt aber nicht gar groß. Behält man die Höhe n 100 Fußen bei, und nimmt die Öfnung zu $\frac{1}{10}$ der ngen Bodenfläche, ſo laufen im Behälter in 2,58 ek. $3\frac{11}{10}$ Fuß Waſſer ab.

Man

zu unterſuchen, ob da, wo von der Beſtimmung der allmähligen Beſchleunigung die Rede iſt, ihr Verfahren vielleicht nur in Rückſicht auf die Anwendung ihrer Theorie Zweifeln unterworfen ſein möchte, und habe das Reſultat meiner Prüfung in der ſchon oben (Anm. zu §. 21.) angezeigten Abhandlung mitgetheilt, auch das ſelbſt die mir nöthig ſcheinenden Abänderungen ihrer Formeln angegeben.

für den Durchmesser des Behälters angeben, ohne daß man merklich verschiedene Resultate daraus erhält. Man kann dem Wasser im Behälter nach Gefallen jede gleichförmige Geschwindigkeit verschaffen, welche man verlangt.

Steigt der Strahl durch Oefnungen in dünnen Platten, so ist es, selbst für einen solchen, der sich etwas höher erheben soll, hinlänglich, wenn die Oefnung $\frac{1}{30}$ der ganzen Bodenfläche beträgt; um so viel mehr, da wegen der Zusammenziehung des Strahls der Ausfluß sich eben so verhält; als wenn die Oefnung in solchem Fall nur $\frac{1}{47}$ der ganzen Bodenfläche betrüge. Bei niedrigen Springwerken kann man zufrieden sein, wenn die Oefnung nicht über $\frac{1}{20}$ der Bodenfläche beträgt, weil die Zusammenziehung des Strahls solche doch nur auf $\frac{1}{30}$ der Bodenfläche herabsetzt.

108. Wir haben bisher vorausgesetzt, daß die Röhren, welche das Wasser zur Unterhaltung der Springwerke enthalten, eine lothrechte Lage haben; aber dieser Fall tritt, so zu reden, gar niemalen ein. Gewöhnlich gehen die Leitröhren von einem Behälter aus, von da sie aber unter der Erde verdeckt mit einem bald stärkern, bald schwächern Gefälle bis zu der Stelle fortgehen, wo die Aufsatzröhren angebracht sind. Die garbenförmige Gestalt, worin das Wasser emporsteigt, soll die Verwunderung des Zuschauers erregen. So schön sie auch immer sein mögen, so würden sie doch ihren ganzen Werth verliehren, wenn der nämliche Anblick die Höhe und Weite der dazu gebrauchten Röhren zugleich mit angäbe; denn wird nicht offenbar die Höhe des Strahls vermindert, indem man die Röhren von

der

der lothrechten Linie ablenkt, und dem Strahl ein ergötzenderes Ansehen verschafft?

Schief gelegte Röhren verstopfen sich leichter, als lothrechte. Werden sie mit ungleichem Gefälle gelegt, so setzt sich die Luft in die entstehenden Beugungen und trägt viel zur Verminderung des wirklichen Querschnitts des Wassers bei. Diese Erscheinungen geben eine vorzügliche Ursache von der Verminderung der Höhe des Strahls ab; aber es ist unmöglich, die Erfolge hiervon genau zu bestimmen

Wir gestehen, und haben es schon zu verstehen gegeben, daß alle die von uns vorgetragenen theoretischen Subtilitäten keine genaue Resultate in der Ausübung geben. Wir haben uns nur darum dabei aufgehalten, weil wir es für sehr nöthig gehalten haben, die Grenzen, welche die Theorie gibt, zu bemerken, und zu sehen, in wie weit die Vorschriften, welche man hierüber in den hydraulischen Werken findet, Zutrauen verdienen.

Zehnter Abschnitt.

Von Springwerken, wo der Strahl schief steigt.

109.

Hat man grade prismatische Gefäße, und gibt der Oefnung Richtungen, die von der lothrechten abweichen, so folgt das Wasser alsdann zweierlei Bewegungen: die eine, welche gleichförmig ist, hängt von der Höhe des Gefäßes und der Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bodenfläche ab, die andere entsteht von den

Wirkungen der Schwere. *) Vermöge dieser beiden Bewegungen wird, den Widerstand der Luft beiseit gesetzt, der Strahl paraboliſch gekrümmt.

Auf was für eine Art auch ein Körper eine Parabel beſchreibt, ſo beweißt man in allen Schriften über die Mechanik, daß die Kraft, welche den Körper gleichförmig bewegt, durch eine lothrechte Linie C B (fig. 23.) ausgedruckt werden kann, welche der Höhe gleich iſt, bis zu der er geſtiegen ſein würde, wenn ihn die nämliche Kraft lothrecht in die Höhe getrieben hätte.

Dabei wird auch bewieſen, daß die lothrechte Linie C B, welche die Kraft des Strahls ausdruckt, den vierten Theil vom Parameter P des Durchmeſſers C I beträgt, und zwar allgemein für alle mögliche Parabeln, welche der Körper vermöge dieſer Kraft beſchreiben kann. **)

Wenn

*) Man muß hier den Hrn. Verf. richtig verſtehen, ſonſten ließen ſich auch jedem lothrechten Strahl eben dieſe beide Bewegungen beilegen, weil auch ſolcher mit einer beſtimmten gleichförmigen Geſchwindigkeit die Oefnung verläßt, durch die Eindrücke der Schwere aber ſeine übrige Beſtimmung erhält. Hier iſt aber die Rede von zwo verſchiedenen Richtungen, in welchen der Strahl getrieben wird, nämlich der wagrechten, welche als gleichförmig angeſehen wird, und von der Höhe und, nach des Hrn. Verf. Theorie, auch von der relativen Größe der Oefnung abhängt; und von der lothrechten, welche im vorigen Abſchnitt nur allein betrachtet wurde.

**) Wenn der Strahl unter einer Richtung aus der Oefnung ſpringt, die mit dem Horizont den Winkel α macht, die Geſchwindigkeit aber, mit der er nach dieſer Richtung

Wenn nun die Oefnung gegen der ganzen Bodenfläche als unendlich klein angesehen werden kann, so ist die Vertikallinie C B mit der Höhe des Behälters einerley; folglich ist alsdann der Parameter aller Parabeln, welche der Strahl beschreiben kann, allemal viermal so groß als die Höhe des Behälters. *)

tung aus der Oefnung fährt, der Höhe h zugehört, und der Parameter der von dem Strahl bei ganz freier Bewegung beschriebenen Parabel P heißt, so ist für diese Parabel allemal

$$P = 4\,h \,.\, \text{Cos.}\,\alpha^2.$$

s. Hrn. Hofrath Karstens Lehrbegriff der gesammten Mathematik, IV. Th. §. 96. Wenn nun die Geschwindigkeit nach der schiefen Richtung C heißt, so ist die Geschwindigkeit, womit sich der Körper von der Vertikallinie in seinem Lauf gleichförmig entfernt, C . Cos. α, und wenn die zu C gehörige Höhe h heißt, so ist die zu C . Cos. α gehörige Höhe $= \frac{C^2 \,.\, \text{Cos.}\,\alpha^2}{C^2} \,.\, h$ $= \text{Cos.}\,\alpha^2 \,.\, h$; folglich, wenn die Höhe, welche der gleichförmigen Bewegung nach der Seite zugehört, λ heißt, $\lambda = \text{Cos.}\,\alpha^2 \,.\, h$ und $h = \frac{\lambda}{\text{Cos.}\,\alpha^2}$; dieses in die Formel für P gesetzt, gibt $P = 4 \,.\, \frac{\lambda}{\text{Cos.}\,\alpha^2} \,.\, \text{Cos.}\,\alpha^2$ $= 4 \,.\, \lambda$, oder auch $\lambda = \frac{1}{4}\,P$, welches der Satz des Hrn. Verf. ist.

*) Jede Beobachtung hätte den Hrn. Verf. von der Unrichtigkeit dieses Satzes überführen können; die Parabeln werden offenbar um so viel weiter, je kleiner der Neigungs-

Wenn hingegen die Oefnung in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche nicht als unendlich klein angesehen werden kann, so muß man aus der Geschwindigkeit des Wassers in der Oefnung die Höhe bestimmen (§. 18.), welche diese Geschwindigkeit bewirken könnte, und diese Höhe viermal genommen, gäbe den Parameter aller Parabeln. *)

110. Wenn der Widerstand der Luft die Gestalt und Richtung des Strahls nicht schnell änderte, so könnte

gungswinkel des aus der Oefnung fahrenden Strahls gegen den Horizont ist, und folglich auch der Parameter desto größer, wenn gleich die Höhe des Behälters unverändert bleibt.

Nach des Hrn. Verf. Satz aber müßte für einerlei Höhe des Behälters immer einerlei Parameter herauskommen, die Richtung des Strahls möchte sich ändern wie man wollte. Der Hr. Verf. hat aber auch seinen vorhergehenden theoretischen Satz ganz falsch angewendet; die Höhe des Behälters ist nicht mit der Vertikallinie CB, die nach der vorigen Anmerkung $= h \text{ Col. } \alpha^2$ ist, sondern mit der Höhe h einerlei; der Hr. Verf. hätte also den Parameter einer jeden entstehenden Parabel durch $P = 4h \cdot \text{Cos. } \alpha^2$ ausdrucken und sagen müssen, der Parameter sei für jeden Neigungswinkel des Strahls viermal so groß, als das Produkt aus der Höhe des Behälters in das Quadrat vom Kosinus des Neigungswinkels.

*) Die Unrichtigkeit dieses Satzes erhellet aus der vorigen Anmerkung. Er sollte so heißen:

das Produkt aus dieser Höhe in das Quadrat vom Kosinus des Neigungswinkels viermal genommen, gäbe den Parameter von jeder Parabel.

te man die allgemeinen Gesetze der Bewegung solcher Körper darauf anwenden, welche den Eindrücken der Schwere und einer anfänglich mitgetheilten Kraft zugleich folgen; es läßt sich aber über diesen Gegenstand nichts sagen, das einer genauen Bestimmung oder einiges Nutzens fähig wäre. *)

Eilfter Abschnitt.

Vom Druck des Wassers im Stand des Gleichgewichts und der Ruhe.

III.

Aus dem bekannten Erfahrungssatz, daß flüßige Massen im Stand der Ruhe eine horizontale Lage annehmen, folgt unmittelbar, daß der Druck, den sie nach allen Seiten ausüben, sich wie die Grundflächen und die Höhe des Wasserstands verhalten. A B C D (fig. 24.) stelle ein Gefäß vor. Man gedenke sich an der Wandfläche B D eine Oefnung E, und an solcher sei eine zilindrische oder konische oder solche Röhre angebracht, die sich nach obenzu erweitert; so setzt sich in al-

*) Allerdings läßt sich über diesen Gegenstand sehr viel Nützliches sagen. Nur darin muß man dem Hrn. Verf. beitreten, daß die bloße Theorie allein nichts Nützliches geben würde. Legt man aber die Mariottesche Tafel (S. 88.) zum Grund, so lassen sich in Rücksicht auf die Feuersprützen die nützlichsten Untersuchungen darauf gründen. s. Hrn. Hrn. Hofrath Karstens klassische Abhandlung über die vortheilhafteste Anordnung der Feuersprützen.

len dieſen verſchiedenen Fällen das Waſſer im Gefäß und in der Röhre in einerlei wagrechte Ebene.

Es folgt hieraus, daß die Kraft, welche zur Erhaltung des in der Röhre enthaltenen Waſſers erfodert wird, nur von der Größe der Oeſnung und der Höhe des Waſſerſtands abhängt. Ein bei E eingepaßter Kolben würde von dem Waſſer im Gefäß und von dem in der Röhre auf gleiche Art gedruckt. Nimmt man alſo die Röhre weg, ſo würde der bei E eingepaßte Spunden oder jedes demſelben entſprechende Stück der Wand eine Laſt zu tragen haben, ſo groß als das Gewicht einer Waſſerſäule, welche den Spunden zur Grundfläche und die mittlere Höhe des Waſſerſtands zur Höhe hätte. *)

112. Hätte man ein grades prismatiſches mit Waſſer angefülltes Gefäß mit vier Seitenwänden, jede ſo groß als A B C D, deſſen Boden ein auf C D verzeichnetes Quadrat und deſſen Höhe A C doppelt ſo groß als C D wäre, ſo würde der Boden von dem ganzen Gewicht der im Gefäß enthaltenen Waſſermaſſe gedruckt, und jede Wandfläche hätte eine Laſt zu tragen, ſo groß als das Gewicht eines Waſſerprisma's, das die Hälfte einer ſolchen Wandfläche zur Grundfläche und A C zur Höhe hätte.

Jede Wandfläche hätte alſo genau ſo viel zu tragen, als der Boden; und die Summe aller Preſſungen des Waſſers wäre in dieſem Fall fünfmal ſo groß, als die-

*) Der Satz an ſich hat ſeine ausgemachte Richtigkeit, der hier davon beigebrachte Beweiß iſt aber nicht ſcharf genug.

diejenige, welche ein feſter Körper von eben dem Gewicht auszuüben vermöchte. *)

113. Wir haben geſagt, daß die Laſt, welche die Wandfläche A B C D zu tragen hat, dem Gewicht eines Waſſerprisma's gleich ſei, das die Hälfte dieſer Wandfläche zur Grundfläche und A C zur Höhe hätte; für gewiſſe Leſer iſt es aber nicht undienlich, den Satz nochmal in Erinnerung zu bringen, und zu bemerken, daß dieſer Druck nicht auf alle einzelne Stellen der Wandfläche gleich groß iſt. Zertheilt man die Wandfläche in ſehr kleine Theile, deren Grundlinien mit C D gleichlaufend ſind, ſo wird der auf jedes ſolches Wandſtückchen fallende Druck in der nämlichen Verhältniß kleiner, wie ſein Abſtand vom Waſſerſpiegel abnimmt. Am Boden iſt er am größten, und an der Oberfläche verſchwindet er ganz.

114. Die Weite des Gefäßes hat auf keinerlei Weiſe einigen Einfluß auf den Druck gegen die Wände; es mag unermeßlich weit oder außerordentlich enge ſein, ſo bleibt der Druck immer der nämliche, dafern nur der Waſſerſpiegel auf einerlei Höhe bleibt.

Es folgt hieraus, daß, wenn man eine beſtimmte Waſſermenge hat, welche man auf die ökonomiſchſte Art in

*) So auffallend dieſer Satz klingt, ſo wenig Sonderbares hat er wirklich. Bei einem ähnlichen gleich ſchweren feſten Körper üben alle Theile zuſammen genommen, die nämliche Preſſungen aus wie die flüßige Maſſe; alle Seitenpreſſungen heben aber wegen des Zuſammenhangs der Theile einander auf, und es bleiben bloß die vertikal unterwärts gerichteten übrig, weil vertikal aufwärts keine entgegen geſetzt ſind.

in einen Behälter sammlen will, die Wand des Behälters kreisrund ſein müſſe, weil der Kreis unter allen Figuren von gleichem Umfang diejenige iſt, welche den größten Raum einſchließt.

Zwölfter Abſchnitt.

Vom Druck des Waſſers im Stand der Bewegung.

115.

Die Richtung der Bewegung des Waſſers kann, in Rückſicht auf den Horizont, lothrecht oder gleichlaufend oder auf verſchiedene Weiſe geneigt ſein. Dieſe Fälle müſſen von einander unterſchieden werden.

Erſter Fall. Was die feſten Körper im Stand der Ruhe betrifft, ſo muß die Kraft, welche man der Wirkung der Schwere, um ſolche aufzuheben, entgegenſetzen muß, lothrecht gerichtet ſein. Ihre Beſtandtheilchen hängen feſt zuſammen, und machen eine einzige Maſſe aus. Setzt man z. B. einen Kubikfuß von Marmor oder Blei auf eine Fläche C D (fig. 25.), welche einen Quadratfuß hält, ſo hat man nicht nöthig, dieſen Körper von der Seite zu halten; zertheilt man ihn aber ſo klein wie Staub, und gibt ſeinen kleinſten Theilchen eine Geſtalt, die ihre Bewegbarkeit befördert, ſo läßt ſich dieſe Maſſe von Staub nicht mehr wie zuvor auf die Höhe C D hinſetzen; ſie läßt ſich unter keiner andern als koniſchen Geſtalt aufhäufen, ſo daß ihre Höhe um ſo viel geringer wird, je vollkommener die Bewegbarkeit der kleinen Theilchen iſt; und wenn man ſie wieder in kubi-

kubiſcher Geſtalt aufſetzen will, ſo muß man ſie mit Wänden A C, B D umgeben. Dieſe Wände leiden nun offenbar einen Druck, weil ohne ſie eine mehr oder weniger beträchtliche Menge der vorerwähnten kleinen Theilchen herunter fallen würde. Dieſer Seitendruck vermindert denjenigen nicht, welchen der Boden leidet; denn wenn der Boden beweglich iſt, ſo bleibt die zur Erhaltung des Kubikfußes Blei erfoderliche Kraft immer einerlei, es mag das Blei aus einer einzigen Maſſe oder aus einem Haufen kleiner Körnchen beſtehen, weil ſein Gewicht in beiden Fällen das nämliche iſt.

116. Man ſieht alſo, daß der von den Eindrücken der Schwere nach ſo verſchiedenen Richtungen entſtehende Druck keine den flüßigen Maſſen ganz beſonders beiwohnende Kraft iſt; man ſieht leicht, woher er entſteht; man begreift, daß er von der Bewegbarkeit und den gegenſeitigen Preſſungen der Theile, welche man beiſammen zu halten bemüht iſt, herrühre, und daß er ſein volles Maas hat, wenn die Bewegbarkeit vollkommen iſt.

Die Preſſung, welche das Waſſer ausübt, iſt ganz vollſtändig; ſie erfolgt nach allen Seiten, und gibt uns alſo eine Vorſtellung von der äußerſten Bewegbarkeit ſeiner Theile. Dieſer Druck iſt die Wirkung von der Schwere, welche ſich auf alle Theilchen von gleicher Größe auf einerlei Art fortpflanzt, wenn ſie nur gleich tief unter dem Waſſerſpiegel liegen.

117. Die Schwere iſt keine unveränderliche Kraft; ihr Maas verhält ſich umgekehrt wie das Quadrat des Abſtands vom Mittelpunkt der Erde; ſie iſt größer auf der Ebene des Meeres als auf dem Gipfel der Gebürge,

größer

120. Da es begreiflich ist, daß das vorhandene Bodenstück nach und nach durch alle mögliche Werthe durchgeht, bevor es der ganzen Bodenfläche gleich wird; und da die Verhältniß des Bodenstücks zur ganzen Bodenfläche die Verhältniß des Gewichts von der über dem Bodenstück stehenden Wassermasse zu dem Gewicht des sämmtlichen im Gefäß enthaltenen Wassers ausdruckt, so folgt, daß man, wie wir angemerkt haben, aus der Verhältniß des Bodenstücks zur ganzen Bodenfläche sehr leicht den Druck berechnen kann, welchen das ganze grade prismatische Gefäß leiden kann.

121. Wir haben schon bemerkt, daß die Oberfläche des Wassers in einem beständig voll erhaltenen Gefäß nicht wagrecht bleibe, wenn die Oefnung einen etwas beträchtlichen Theil der ganzen Bodenfläche ausmacht. Es entsteht alsdenn der Oefnung gegenüber eine Art von Trichter, welches anzeigt, daß das Bestreben

wohl unter sich als von der Bernoullischen verschieden, hängen aber beide von der Auslaufszeit des Wassers ab, so daß der Druck auf den Boden desto größer wird, je länger das Wasser auslauft und im Anfang des Auslaufens = 0 ist. Dieser den bekanntesten Erscheinungen und Eigenschaften der Schwere so sehr zuwider laufende Satz rührt daher, weil sie nur auf die Kraft gesehen haben, welche der jedesmaligen Geschwindigkeit des Wassers zugehört, nicht aber zugleich auf die wirklichen Pressungen, d. i. bloß auf den hydraulischen, nicht aber zugleich auf den hydrostatischen Theil der wirklich angewendeten Kraft. Beider Summe, die niemalen kleiner als das Gewicht einer Wassersäule von der Höhe des vollen Gefäßes sein kann, gibt den Druck auf das Bodenstück.

den der unmittelbar über der Oefnung ſtehenden Waſſerſäule zum Sinken größer iſt, als das Beſtreben der ringsum ſtehenden den Platz von jener wieder auszufüllen. Auch der Druck gegen die Wände muß allemal größer ſein, als wir ihn in den vorhergehenden Nummern beſtimmt haben, und es iſt unmöglich, ihn mit einiger Genauigkeit zu berechnen, ſobald die Oefnung einen nur etwas beträchtlichen Theil von der Bodenfläche ausmacht.

Beträgt die Oefnung $\frac{1}{30}$ oder $\frac{1}{20}$ oder ſogar $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche, ſo iſt der Druck der nämliche, wie wann das Waſſer im Gefäß in Ruhe wäre. Ich habe mich hiervon dadurch überzeugt, daß ich eine zilindriſche Glasröhre nahe bei den Wänden ins Waſſer ſteckte, da dann das Waſſer bis in die Ebene des Waſſerſpiegels in die Höhe ſtiege und ſo ſtehen bliebe. *)

Wollte man durch Verſuche den Druck beſtimmen, welchen bei jeder gegebenen Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bodenfläche das Waſſer gegen die Wände eines beſtändig vollen Gefäßes ausübt, ſo müßte man unten am Gefäß nahe am Bodenſtück eine umgebogene Glasröhre anbringen; die Höhe, auf der ſich das Waſſer in dieſer Röhre erhielte, würde das Maaß des Drucks beſtimmen.

122.

*) Wenn die der Geſchwindigkeit in der Oefnung zugehörige Höhe a heißt, ſo iſt die Höhe des Drucks in jeder Entfernung x über dem Boden, wenn die Weite des Gefäßes W und die der Oefnung w heißt, $= a - (x + \frac{w^2}{W^2} \cdot a) = \frac{W^2 - w^2}{W^2} \cdot a - x.$

122. Der zweete Fall. Wenn das Gefäß prismatisch und schief ist, und wenn der Boden genau verschlossen ist, so muß der Druck, den das Wasser auf die verschiedenen Theile dieses Gefäßes ausübt, mit demjenigen einerlei sein, der auf ein anderes grades prismatisches Gefäß von eben der Grundfläche und eben der Höhe ausgeübt würde.

Wenn man also mit einem Faden das Gefäß umgibt, so daß der von diesem Faden begrenzte Querschnitt der Grundfläche gleichlaufend ist, so werden alle Punkte, über welche der Faden hingeht, auf einerlei Art gedruckt. Wenn man ein schiefes Gefäß ringsum mit einem Streifen wie L G H M umlegt (fig. 26.), so würde der von diesem Streifen bedeckte Theil des Gefäßes grade so gedruckt werden, wie der eben so breite und eben so angebrachte Kranz I K N O bei einem graden prismatischen Gefäß von eben der Grundfläche und Höhe.

123. Wenn aber der Boden R E F C (fig. 27.) des Gefäßes schnell weggenommen wird, so verhält sich der Druck ganz anders als im Stand der Ruhe. Die Wandfläche A O R E leidet alsdenn gar keinen Druck mehr; die Wandfläche D C F B hat ein Gewicht zu tragen, das sich zum absoluten Gewicht des Wassers verhält, wie der Vorsprung der schiefen Ebene zu ihrer Länge; die Wandflächen A E F B, O R C D haben beide einerlei Druck auszuhalten, dessen Bestimmung wir bald lehren wollen.

124. Wenn von dem Punkt A (fig. 28.), welcher in der Richtung der Kante A E liegt, ein Loth A S herabgelassen wird, so wird der Punkt S nicht vom ganzen

zen Gewicht der darüber ſtehenden Waſſerſäule A G gedruckt, ſondern von einem um eben ſo viel kleinern Gewicht, als A V kleiner iſt als A S. Alle Stellen von S bis in F auf der ganzen Ebene der Wandfläche B F C D (fig. 27.) werden auf gleiche Art gedruckt.

Alle Punkte von S bis in B (fig. 28.) leiden einerlei Druck, und der Druck auf jede ſolche Stelle von der darüber ſtehenden Waſſerſäule ergibt ſich, wenn man ſolche Waſſerſäule mit $\frac{A V}{A S}$ multiplicirt.

Alle in einerlei graden mit A E gleichlaufenden Linie liegenden Punkte von F bis in S leiden einerlei Druck, und man erhält ſolchen, wenn man den abſoluten Druck mit $\frac{A V}{A S}$ multiplicirt.

125. Wenn man unter der **Oberfläche des Waſſers** denjenigen Theil deſſelben verſteht, welcher den höchſten Theil der über der ſchiefen Ebene befindlichen Waſſermaſſe ausmacht, ſo wird die Oberfläche durch die Linie E A B beſtimmt, welche zum Theil mit der ſchiefen Ebene, zum Theil mit dem Horizont gleichlaufend iſt.

Die Oberfläche des Waſſers wird nämlich nothwendig durch die graden Linien E A und A B beſtimmt, wenn die über oder unter A S befindlichen Theile in ſo weit im Gleichgewicht bleiben, daß die ganze Waſſermaſſe der beſchleunigenden Kraft, welche ſie längſt der ſchiefen Ebene hinabtreibt, folgt. Nur leiden, wenn man R O der E H gleichlaufend zieht, alle Punkte dieſer graden Linie einerlei Druck, der ſich durch

$IO \propto \frac{AV}{AS}$ bestimmen läßt. Zieht man durch D ei
nie DN mit AB gleichlaufend, so leidet jeder Punkt
x den Druck einer Wassersäule von der Höhe $Px \propto \frac{A}{A}$
Da $Px = AD = IO$, so folgt, daß die Punkte
D, S, in dem Augenblick, wo die ganze Wassern
längst der schiefen Ebene hinabschießt, einerlei Druck
den. Die Säulen IO, AD, Px, sind also im Gl
gewicht, und die Oberfläche des Wassers muß d
durch die graden Linien AE und AB bestimmt wer

126. Nachdem wir nun den Zustand angeg
haben, worin das Wasser an der obern Grenze des
nals bleiben muß, so müssen wir auch untersuchen,
für eine Gestalt das Wasser an der untern Grenze
nehmen muß.

Wir haben gesagt, daß, sobald alle Wassertt
chen der beschleunigenden Kraft folgen, welche sie lä
der schiefen Ebene hinabtreibt, alsdann alle zwischen
und S (fig. 29.) liegenden Theile auf gleiche Art
druckt werden; daß ferner die Schwere in der Verh
niß von AS zu AV vermindert werde, und daß
den Stand des Gleichgewichts die obern Grenzen a
lothrechten Säulen, wie AS, welche längst der Eb
FS hinabsinken, in eine einzige grade Linie AO fal
müssen.

Betrachtet man eine solche Säule wie MN, n
che über und unter sich gleich große Wassersäulen hat,
ist klar, daß gar kein Grund vorhanden ist, der i
Gestalt ändern könnte, und daß sie in diesem Zusta

ledigl

ıglich der beſchleunigenden Kraft folgen muß, welche
längſt der ſchiefen Ebene hinabtreibt. So verhält
ſich aber nicht mit der letzten Säule O F; dieſe wird
n den obern Säulen gedruckt, ohne daß dieſem Druck
vas entgegen wirkte; es iſt aber dieſer Druck nach un-
ı zu immer ſtärker, und nimmt deſtomehr ab, je nä-
r man an O kommt. Das Waſſer wird vermög des
rucks bei O F herabſtürzen, und die durch die Be-
leunigung längſt der ſchiefen Ebene bewirkte Geſchwin-
gkeit wird durch den Druck plötzlich abgeändert und ver-
ößert.

127. Inzwiſchen wird der Sturz nirgends größer
s in O F; und da hier nicht mehr Waſſer abſchießen
nn, als die nämliche Waſſermenge, welche bei A B
den ſchiefen Kanal tritt, ſo muß der Querſchnitt des
rch O F abſchießenden Waſſers ſich zu einem andern,
e N M, umgekehrt verhalten wie die beiderſeitigen
eſchwindigkeiten dieſer Querſchnitte.

Je größer der Abgang iſt, deſto größer iſt auch
natürliche Geſchwindigkeit des Waſſers; und je ſchwä-
r zugleich der Druck iſt, deſto unbeträchtlicher iſt auch
Waſſerſturz und um ſo weniger breitet er ſich aus.

Bleibt aber die Neigung ungeändert, ſo wird die
ch den Druck bewirkte Geſchwindigkeit um ſo viel
ßer, und das ſich verſtürzende Waſſer breitet ſich
lich um ſo viel weiter aus, je beträchtlicher die Höhe
Waſſers iſt.

Je weniger bei einerlei Höhe des Waſſers auf der
fen Ebene dieſe Ebene geneigt iſt, deſto geringer iſt,
von dieſer Neigung herrührende Geſchwindigkeit, und
o größer der Druck, folglich auch deſto größer die

Wirkung vom Sturz des Waſſers, und deſto weiter breitet ſich ſolches aus.

Wir werden in der Folge auf alle Fälle die Grenze für den anfangenden Sturz des Waſſers beſtimmen, oder die Lage des letzten von denjenigen Querſchnitten, welche weiter keine als die von der Neigung der Ebene herrührende Geſchwindigkeit haben. Bei den horizontalen Kanälen findet man den Abſtand von dem letzten Querſchnitt N M ſo groß, als die Höhe des nämlichen Querſchnitts.

128. Es iſt klar, daß in dem Augenblick, wo der Boden weggenommen wird, die Bewegung des Waſſers längſt der ſchiefen Ebene ſehr unbeträchtlich iſt, und daß ſolche erſt allmählig beſchleunigt wird. Aber der Erfolg von den Preſſungen iſt immer der nämliche. Daher iſt im Anfang der Bewegung der Sturz des Waſſers beträchtlicher, als wann das Waſſer die ganze Geſchwindigkeit erlangt hat, welche ſein Fall längſt der ſchiefen Ebene herab bewirken kann.

Setzt man ein Gefäß oder ſchiefe Ebene von beträchtlicher Länge voraus, ſo wird das Waſſer, welches bei der Ausleerung zurückbleibt, deſtomehr beſchleunigt, je mehr es ſich ausleert, und die Grenze N M, wo das Waſſer herabzuſtürzen anfängt, fällt immer näher an O F. Wenn aber gleich die Geſchwindigkeit zunimmt, ſo wie das Waſſer auf der ſchiefen Ebene einen größern Raum zurückgelegt hat, ſo bleibt doch oberhalb N M die Oberfläche mit dem Boden gleichlaufend, weil alle Theile der flüßigen Maſſe auf einerlei Art abfließen, und alle in einerlei Augenblick auch einerlei Geſchwindigkeit haben.

129. Ganz anders verhält es sich, wenn so, wie B sinkt, das abfließende sogleich wieder durch neues ßt wird; die Geschwindigkeit der flüßigen Masse d alsdann beschleunigt; die Höhe des Querschnitts S ist die größte, und die Höhen der übrigen Querittte müssen sich umgekehrt wie die ihnen beiwohnenGeschwindigkeiten verhalten. In diesem Fall muß herabstürzende Theil weniger um sich greifen, und r um so viel weniger, je größer die am Ende der esen Ebene erlangte Geschwindigkeit ist, sowohl wedieser Geschwindigkeit selbsten, als wegen der von er Geschwindigkeit herrührenden Verkleinerung derer der Nähe von O F liegenden Querschnitte.

Wenn die Höhe der Querschnitte immer kleiner d, so ist der Druck, den der zu irgend einem Querütt gehörige Theil des Bodens leidet, so groß als das olute Gewicht dieses Querschnitts, mit $\frac{AV}{AS}$ multirt.

130. Weil die Geschwindigkeit eines jeden Querittts um so viel größer wird, je näher er an O F mt, so ist klar, daß die untern Querschnitte keinen uck von den obern auszuhalten haben. Wir haben h gesehen, daß, wann alle Querschnitte einerlei Gepindigkeit hätten, dennoch kein Druck von den obern die untern statt finden könnte. Wir haben nur anerkt, daß sich in O F ein plötzlicher Wassersturz ere; aber dieser herunter stürzende Theil greift nicht t um sich; wenn man übrigens anstatt sich vorzustel, daß am Ende des schiefen Kanals das Wasser ei Sturz mache, an dieser Stelle einen Behälter an-

sers in beiden Fällen sowohl in den Gefäßen als in der Oefnung gleich groß. Die Größe der Oefnungen kann die von uns entwickelten Gesetze (§. 15.) nicht abändern, insofern wir den Widerstand der Luft beiseit setzen, und die Oberfläche des Wassers beständig als wagrecht annehmen ꝛc. denn die Geschwindigkeit des Wassers hängt nicht von der Größe der Oefnungen ab, sondern von der Verhältniß dieser Oefnungen zur ganzen Bodenfläche.

134. Wir haben gesagt, daß bei sehr kleinen Oefnungen das Wasser allemal mit einerlei Geschwindigkeit ausfließe, die Oefnung mag in einem horizontalen Boden oder in einer lothrechten Wand angebracht sein. (§. 78.) Dieses war nicht in aller Strenge wahr, denn im letzten Fall litten die untern Stellen der Oefnung im Stand des Gleichgewichts einen größern Druck als die obern, und wenn die Oefnung angebracht war, so war die Geschwindigkeit der untern Theile größer als der obern. Wenn die Erfahrung in dem Fall, wovon die Rede ist, keinen Unterschied zeigte, so rührt solches daher, weil man solche Gefäße dabei gebrauchte, gegen deren Höhe die Höhe der Oefnungen zu unbeträchtlich war. Es ist aber offenbar, daß die Resultate von der Regel, welche wir gegeben hatten, um so viel mehr abweichen müssen, je größer man die Oefnungen in den lothrechten Wänden macht.

135. Nimmt man im Gefäß (fig. 30.) auf einer jeden Wandfläche eine Stelle so groß, daß der auf solche wirkende Druck so groß ist, als der vierte Theil des ganzen Drucks auf die Bodenfläche; stellt man sich ferner vor, daß diese vier Wandstücke, welche zusammen den nämlichen Druck auszuhalten haben wie der Boden,

den, plötzlich weggenommen werden, und wenn endlich bei einerlei Waſſerdruck auch einerlei Ausfluß des Waſſers erfolgt; ſo muß auch das Waſſer aus dieſen vier Oefnungen grade ſo herausſchießen, als wann der Boden weggenommen wäre.

136. Man ſieht leicht, daß die Geſtalt und Lage der Oefnungen, welche man, um eben den Druck wie auf die ganze Bodenfläche zu erhalten, auf jeder Wandfläche anbringen kann, unendlich verſchieden ſein können; es iſt aber auch offenbar, daß ihre Fläche niemalen kleiner werden kann, als wann ſie zunächſt vom Boden herauf in der Breite der ganzen Wandfläche genommen werden.

137. Anſtatt auf allen vier Seiten Oefnungen zu machen, kann man ſolche auch nur auf dreien, oder auf zwoen, und ſogar nur auf einer einzigen Wandfläche nehmen. Wenn man aber dieſe Oefnungen auch an der vortheilhafteſten Stelle anbringt, und allemal vorausſetzt, daß ſie zuſammen den nämlichen Druck, wie der Boden leiden, ſo iſt doch auch klar, daß man ſolchen eine deſto größere Fläche geben muß, je geringer die Anzahl von Wandflächen iſt, welche Oefnungen erhalten.

Setzt man im Gefäß (fig. 30.) E B = a; E D = b; und E P = c, ſo hat der Boden ein Gewicht zu tragen, das ſich durch a b c ausdrucken läßt. Um auf der Fläche A D E B ein Flächenſtück zu beſtimmen, das mit dem Boden gleichen Druck leidet, ziehe ich eine Linie B E = a (fig. 31.); von ſeinem Endpunkt richte ich das Perpendikel E M = B E auf, und verbinde beide Punkte B und M durch die grade Linie B M. Es iſt klar, daß der Punkt E das Gewicht der Säule

B E zu tragen hat, und der Punkt V das Gewicht der Säule B V; es ist überdas offenbar, daß alle auf der Fläche A B D E genommene Punkte, welche gleich weit von A B entfernt sind, den nämlichen Druck aushalten.

Man weiß auch, daß sich der Druck auf ein Stück wie V E durch das Produkt aus V E in die mittlere Höhe zwischen V N und E M $= B E - \frac{V E}{2}$ ausdrucken läßt. Der Druck nach der ganzen Länge D E und der Höhe V E kann also durch $D E . V E . (B E - \frac{V E}{2})$ ausgedruckt werden. Setzt man voraus, daß der Druck auf die lothrechte Fläche dem auf den Boden gleich sei, und macht man $V E = x$, so hat man $b . x . (a - \frac{1}{2} x) = a b c$; $2 a b x - b x^2 = 2 a b c$; daraus gibt sich $x = a \pm \sqrt{(a^2 - 2 a c)}$. Von diesen beiden Werthen von x dient nur der, welcher $= a - \sqrt{(a^2 - 2 a c)}$, zur Beantwortung der vorgelegten Frage. Verlangt man den Werth von x für die Fläche B E P N, so hat man die Gleichung $2 a c x - c x^2 = 2 a b c$, und hieraus ergibt sich $x = a - \sqrt{(a^2 - 2 a b)}$. Setzt man $a = 10$ Fuß, $b = 3$ Fuß und $c = 1$ Fuß, so erhält man für die Fläche A B E D, $x = 10 - \sqrt{80} = 1{,}06$ Fuß, und für die Wandfläche B E N P, $x = 10 - \sqrt{40} = 3{,}68$ Fuß.

138. Wir wollen nunmehr dasjenige zu entwickeln suchen, was bei dem Ausfluß des Wassers durch Oefnungen in den lothrechten Wänden grader prismatischer Gefäße als das Wichtigste angesehen werden kann; hiernächst wollen wir eine Theorie vortragen, welche den

Fall,

Fall, wo die Oefnungen lothrecht sind, auf den Fall bringen, wo solche in einem wagrechten Boden angebracht sind, und hierauf sollen einige Bemerkungen zur Berichtigung dieser Theorie folgen.

139. Das Gefäß (fig. 30.) sei grad und prismatisch, seine Grundfläche ein Rektangel, seine Höhe B E = 10 Fuß, seine Breite D E = 3 Fuß, und seine Dicke E P = 1 Fuß. Verzeichnet man auf der Wandfläche A B E D ein Parallelogramm X V D E, dessen Höhe V E = 1,106 Fuß beträgt, so leidet das Parallelogramm einen Druck, welcher dem auf den Boden gleich ist (§. 137.), und wenn, wie wir vorausgesetzt haben, die Ausflüsse mit gleicher Leichtigkeit erfolgen, dafern gegen die Oefnungen gleiche Pressungen entstehen, so muß das über X V befindliche Wasser, wenn man das Parallelogramm X V D E wegnimmt, eben so frei abschießen, als wenn der wagrechte Boden weggenommen würde.

140. Es folgt hieraus, daß dadurch, daß man V E größer als 1,06 Fuß macht, der Ausfluß nicht befördert wird, indem die Geschwindigkeit, welche die Schwere bewirkt, wann sie frei wirkt, unveränderlich ist.

141. Es folgt ferner, daß man die Höhe V E vermindern muß, wenn man die Breite E D = b ungeändert läßt, die Dicke E P = c aber vermindert. Es ist nämlich alsdann eine kleinere Oefnung als X V D E hinlänglich, um eben den Druck wie der Boden zu leiden, folglich auch eine kleinere Oefnung hinlänglich, daß das Wasser eben so frei, wie wenn der Boden weggenommen wäre, abschießen könne.

142.

142. Man sieht auch den größten Unterschied, welcher sich zwischen dem Fall des Gleichgewichts und dem der Bewegung findet. Ist das Wasser im Gefäß in Ruhe, so ist sein Druck gegen die Wand A B D E, einerlei, es mag c unendlich klein, oder unendlich groß sein; macht man aber eine bestimmte Oefnung X V D E, gegen die ein eben so großer Druck wie gegen den Boden wirkt, erhält man dabei das Gefäß beständig voll, und nimmt nach und nach größere Werthe von c, so muß sogleich ein freier Ausfluß durch die Oefnung erfolgen, und je größer c wird, desto größer muß auch die Geschwindigkeit in der Oefnung werden, bis sie derjenigen gleich wird, welche ein Körper durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes herab erlangen kann.

143. Macht man auf der Fläche X V D E (fig. 32.) eine rechtwinklichte Oefnung M N O P auf die Höhe V E, so muß man, um die in einer gegebenen Zeit durch diese Oefnung auslaufende Wassermenge zu bestimmen, zuerst die Verhältniß der Fläche M N O P zu der X V D E bestimmen; nun nimmt man an, man habe ein grades prismatisches Gefäß, dessen Boden X V D E und dessen Höhe B E — $\frac{1}{2}$ V E ist, nämlich vom Mittelpunkt der Schwere der Fläche X V D E bis zur Oberfläche gemessen. Wenn nun die Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bodenfläche gegeben, und das Gefäß beständig voll erhalten wird, so läßt sich die in einer gegebenen Zeit ausgelaufene Wassermenge vermittelst der Formel (§. 15.) bestimmen.

144. Es sei nun überhaupt die Oefnung ein Dreieck, wie X D O, I L O *) X D E ꝛc. (fig. 33.), oder

*) Sollte ohne Zweifel heißen X E O.

oder ein Trapez wie S L D O, oder ein Viereck wie I O P F *), M O P N ꝛc. oder ein Kreis wie K, y ꝛc. oder ein halber Kreis wie H T, oder ein Kreisausſchnitt wie Z; ſo bringt man ſolche allemal auf eine rechtwinklichte Fläche, wie M N O P, welche eben den Druck leidet, und ihren Mittelpunkt der Schwere in eben der Linie hat, worin der Schwerpunkt der Fläche X V D E ſich befindet. Dieſe neue Fläche vergleicht man mit der X V D E, und beſtimmt die auslaufende Waſſermenge nach der Formel (§. 15.), indem man in allen dieſen Fällen die Höhe des Gefäßes der Höhe vom Schwerpunkt der Oefnungsfläche bis zur Oberfläche gleichſetzt. Wenn ſich die Oefnung über den Raum X V E D hinauf zöge, ſo müßte man ihre Geſtalt in eine andere verwandeln, welche eben den Schwerpunkt hätte, eben den Druck litte und in dem Raum X V E D eingeſchloſſen wäre. Dieſer Fall würde alſo auf einen der vorhergehenden gebracht. **)

Erſte Bemerkung.

145. Wir haben ſchon gezeigt, daß ſich die aus einem Gefäß in gegebener Zeit ausfließende Waſſermenge nicht aus dem Druck beſtimmen läßt, welchen die Waſſermaſſe gegen die Fläche der Oefnung ausübt. Im Stand des Gleichgewichts dürften zwei prismatiſche Gefäße nur eine Höhe und Grundfläche haben, um gegen dieſe Grundflächen ſowohl als gegen alle gleich tief unter der Oberfläche liegenden Stellen der Wände einerlei Druck

*) Sollte vermuthlich heißen X D P N.

**) Die Erinnerungen gegen dieſe Theorie kommen bei der 5ten Bemerkung vor.

Druck zu erhalten; nimmt man aber an, der Boden werde weggenommen, so erfolgt der Ausfluß um so viel leichter, je mehr sich die Gestalt des Gefäßes einem graden Prisma nähert.

Bei Auflösung der vorhergehenden Frage haben wir zuerst auf der Wand A B D E (fig. 30. 32.) ein Flächenstück X V D E bestimmt, welches den nämlichen Druck wie der Boden auszuhalten hätte; folgt aber hieraus, daß nach Wegnahme dieses Flachenstücks X V E D alles Wasser aus dem Gefäß durch solche Oefnung eben so frei herabfallen werde, als wenn der Boden weggenommen wäre? Ich wenigstens glaube es nicht. Denn I) wenn alle Wassertheilchen frei herabfielen, so müßte in gegebener Zeit durch die lothrechte Oefnung eine um so viel größere Wassermenge als durch den Bodenausgang abschießen, je mehr die Größe der Oefnung X V E D die der Bodenfläche übertrifft; und dieses ist unmöglich. II) Von der Wassermasse, welche gegen die Oefnung X V E D druckt, und welche eben die Höhe hat, kann nur derjenige Theil, welcher durch X V E D ⋈ $\frac{1}{2}$ V E ausgedruckt wird, frei herabfallen, der andere Theil wird nothwendig getragen, wie wir zeigen werden. III) Wenn das Wasser frei fällt, so hat der Druck der obern Theile gegen die untern nicht mehr statt; im gegenwärtigen Fall aber trägt der Boden allemal einen Theil des Wassers, und es ist doch offenbar, daß das Wasser nicht zugleich fallen und getragen werden kann.

146. Der Fall, wo die Oefnung lothrecht ist, kann nicht genau auf den, wo die Oefnung im Boden angebracht ist, gebracht werden; wenigstens habe ich

eine sehr große Anzahl von Versuchen angestellt, ohne solches leisten zu können. Der Leser wird es sehr wohl zufrieden sein, wenn ich hier alle die einzelnen Schwierigkeiten und Untersuchungen, in welche mich dieser Gegenstand verwickelt hat, übergehe. Indessen ist doch zu vermuthen, daß der Ausfluß durch eine lothrechte Oefnung in Vergleichung mit dem Raum XVED, welcher mit der Bodenfläche einerlei Druck leidet, sich ebenso verhalten werde, als wann der Ausfluß durch eine im Boden angebrachte Oefnung geschieht, vorausgesetzt, daß sich diese Oefnung gegen die Bodenfläche eben so verhält, wie die lothrechte Oefnung zu dem Raum XVDE. Es ist nämlich in beiden Fällen die sinkende Wassermenge einerlei, die Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bodenfläche ist auch die nämliche, und die in einerlei Zeit auslaufende Wassermenge scheint daher auch einerlei sein zu müssen. Man kann daher in der Ausübung die Theorie des (§. 15.) anwenden, nur darf man nach denen schon gemachten Bemerkungen nicht vergessen, daß solche nicht genau genug ist; doch hat sie den Nutzen, daß sie die größte Wassermenge, welche eine lothrechte Oefnung höchstens geben kann, anzeigt; und wenn sie mangelhaft ist, so ist sie es darin, daß sie zu viel gibt.

Zweite Bemerkung.

147. Indem das Wasser durch lothrechte Oefnungen auslauft, muß es eine Zusammenziehung leiden, welche die Wassermenge vermindert. *) Wir haben ange-

*) Eben diese Betrachtung der Zusammenziehung leitet auf einen Grund, warum der Ausfluß durch lothrechte Oefnungen von dem durch wagrechte Bodenöfnungen verschieden

angemerkt, daß für klein[illegible] die [illegible]
Zuſammenziehung ziemlich genau durch die Erf[illegible]
ausgemacht ſei. Wir haben auch bemerkt, daß
Wirkung um ſo viel ſchwächer ſei, je weniger die
ung von der Bodenfläche verſchieden iſt, und da
im Fall der Gleichheit ganz verſchwinde; aber wir
ben hinzugeſetzt, daß das Geſetz, wonach dieſe Wirk
abnimmt, unbekannt ſei; und wir glauben ſogar,
es ſehr ungewiß iſt, ob dieſe Wirkung bei großen
nungen die nämliche ſei wie bei kleinen, wenn gleic
be

ſchieden ſein muß. Denn wenn bei letztern die Oeff
der ganzen Bodenfläche gleich iſt, ſo verſchwindet
Zuſammenziehung völlig; bei erſtern hingegen kann
che, wenn die Oefnung gleich dem horizontalen Du
gleich iſt, nie ganz wegfallen, eben weil die Geſchw
digkeit des Waſſers im Gefäß über der Seitenöfnu
und die, mit welcher das Waſſer durch die Oefn
ſchießt, nicht wie bei einem Gefäß ohne Boden einer
ſondern verſchiedene Richtungen haben, die mit ein
ander einen rechten Winkel machen, wenn das Gefäß
graden iſt. Inzwiſchen kann ſich das lothrecht im
fäß ſinkende Waſſer doch nicht plötzlich aus der lothr
ten in die wagrechte Richtung ändern, ſondern ind
die lothrecht ſinkenden Theilchen an die Stelle komm
wo ſie zugleich wagrecht getrieben werden, nehmen
eine krumme Beugung an, und konvergiren gegen
Oefnung, wodurch dann die Zuſammenziehung bewi
wird. Dieſer Grund fällt bei bodenloſen Gefäßen w
Es erhellet hieraus, daß der Unterſchied der Ausf
aus Seitenöfnungen und aus Bodenöfnungen überh
um ſo viel größer ſein müſſe, je größer die Oefnung
Vergleichung mit dem Boden iſt.

ist [illegible] die Oefnung [illegible] Bodenfläche einerlei Verhältniß habe.

Dritte Bemerkung.

148. Die Betrachtungen, welche wir über die [illegible] angestellt haben, wie man das durch die Oefnung fließende Wasser wieder ersetzen kann, um das Gefäß beständig voll zu erhalten, passen sowohl auf lothrechte als auf wagrechte Oefnungen. Wir wiederholen daher nicht.

149. Wenn Oefnungen lothrecht und dazu groß [illegible], so haben die zunächst dabei gelegenen Theilchen ein [illegible]eres Bestreben zum Sinken, als die übrigen an deren Stelle zu treten. Der Erfolg ist alsdenn dieser, [illegible] die Oberfläche nicht wagrecht bleibt, und daß eine [illegible]tiefung oder eine Art von Trichter über der Oefnung [illegible]eht. Dieses beweißt, daß das Wasser keine vollkommene Bewegbarkeit hat, *) und daß es nicht als ein zusammenhängende Masse herabfällt, wie man vorsetzt. Folglich zeigen die Resultate der Theorie nicht Wirkung an, welche statt haben muß, sondern nur die

*) Gegen die vollkommene Bewegbarkeit des Wassers beweißt diese Erscheinung gar nichts; wenn es auch vollkommen bewegbar wäre, so müßte eine solche trichterförmige Vertiefung dennoch entstehen, sobald nach den allgemeinen Bewegungsgesetzen nicht so viel Wasser zufließen kann, als ohne die Entstehung eines solchen Trichters abfließen würde, s. die Anm. zu §. 22., wo die aus Hrn. Hofrath Kästners Hydrodynamik angeführte Stelle vielmehr die vollkommene Bewegbarkeit des Wassers voraussetzt.

die Grenze, welche ſie nicht erreichen kann. *) Die Reſultaten fehlen darin, daß ſie zu viel verſprechen.

Vier-

*) Zum Beweis dieſes Satzes iſt die Erwähnung des Trichters weder nöthig noch paſſend, wie aus der vorigen Anmerkung erhellet. Die Erfahrung beweißt aber ſeine Richtigkeit. Aber einmal gewährt die Theorie darin ſchon Vortheil genug, wenn ſie uns vor einer Anlage ſchon berechnen lehrt, was wir höchſtens erwarten dürfen, und fürs andere kennen wir doch die Abweichungen der Theorie von der Erfahrung im Allgemeinen ſo weit, daß wir mit ziemlicher Sicherheit anzugeben wiſſen, was wir denen Abmeſſungen, welche uns die theoretiſche Berechnungen geben, zulegen müſſen, um beiläufig den verlangten Effekt zu erhalten. Nur die Entſtehung des Trichters vernichtet alle Anwendung theoretiſcher Sätze; aber zu gutem Glück kommen ſolche Fälle bei Anlagen, wo die Theorie zu Hülfe genommen wird, höchſt ſelten oder gar nicht vor, und die Theorie iſt ſelbſten wieder behülflich, ſolche zu vermeiden, und zu dem Ende die Weite der Oefnung und Höhe des Waſſers verhältnißmäßig einzurichten. Selbſt ohne dieſe verhältnißmäßige Einrichtung läßt ſich der Entſtehung des Trichters vorbeugen und der Ausfluß befördern, wenn man nur auf der Oberfläche des Waſſers, da, wo die Vertiefung entſteht, eine Tafel von Holz auflegt. Der Trichter kann alsdann unter dieſer Tafel deswegen nicht entſtehen, weil nunmehr die Luft keinen Zutritt in dieſer Höhlen hätte, folglich mit dem Trichter zugleich ein leerer Raum entſtehen müßte, den aber die Atmoſphäre durch ihren Druck auf das umliegende Waſſer ausfüllt oder vernichtet. ſ. meine mechaniſche und hydrodynamiſche Unterſuchungen, S. 139. u. f.

Vierte Bemerkung.

150. Wenn man, ohne die Wand A B D E (fig. 30.) zu ändern, die Bodenfläche vergrößert, oder die Dicke des Gefäßes E P = c, so muß das Flächenstück X V E D, welches mit dem Boden einerlei Druck leiden soll, gleichfalls größer werden; es ist aber klar, daß solches nicht größer werden kann als A B D E. Hieraus folgt, daß man dadurch, daß man den Inhalt des Gefäßes nach Willkühr vergrößert, den Ausfluß des Wassers weder erleichtern noch verstärken kann. Um den Werth von E P zu bestimmen, wenn die Wand A B D E den nämlichen Druck wie der Boden leiden soll, substituire man in der Gleichung (§. 137.) $2ax - x^2 = 2ac$ statt x dessen Werth, indem hier V E = x in B E = a verwandelt wird, so erhält man $2a^2 - a^2 = 2ac$, folglich $c = \frac{1}{2}a$, das ist: wenn die Bodenfläche halb so groß ist als die Wandfläche A B D E, so muß das Wasser, wenn man ihm die vollkommenste Bewegbarkeit beilegt, mit gleicher Freiheit abschießen, man mag die lothrechte Wand oder den wagrechten Boden wegnehmen.

151. Macht man nun den Boden noch größer, so können der Druck, den die lothrechte Wand leidet, und das Gewicht, das sie zu tragen hat, nicht noch größer werden, und die Vergrößerung der Bodenfläche kann also keinen andern Erfolg haben, als Wasser zur Ersetzung des ablaufenden zu verschaffen; niemalen aber kann in gegebener Zeit mehr ablaufen, als durch einen wagrechten Boden abfließen kann, dessen Fläche so groß als die lothrechte Wand A B D E eines Gefäßes wäre,

das beſtändig voll erhalten würde, und das $\frac{2}{3}$ von B E zur Höhe hätte. 1)

Fünfte Bemerkung.

152. Wir wollen nunmehr die Theorie erklären, welche man in allen hydrauliſchen Schriften über den Aus-

1) Wenn das Gefäß (fig. 30.) voll erhalten wird, ſo iſt der Druck auf den Boden *) A B D E ſo groß, als das Gewicht eines Waſſerprisma's, das A B D E zur Grundfläche und $\frac{1}{2}$ B E zur Höhe hätte; wenn aber das Waſſer durch die Fläche A B D E frei abſchießen könnte, ſo wäre die frei fallende Waſſermaſſe nicht diejenige, welche wir ſo eben beſtimmt haben; man müßte alsdann Rückſicht auf die Art nehmen, wie der Druck ausgeübt wird. Der Punkt E (fig. 31.) leidet den Druck der Säule B E, der Punkt V den Druck der Säule V B u. ſ. w. Nimmt man E M = B E, und zieht die Linie B M, ſo ſtellen E M, V N, G H ꝛc. die Waſſerſäulen vor, welche auf die zugehörigen Punkte der Höhe B E drucken. Betrachtet man dieſe Säulen als von einander unabhängig und unveränderlich, ſo müſſen ſich die mittlern Geſchwindigkeiten von jeder ſolcher Waſſerſäule, oder die ſich von jeder Säule ergebenden Waſſermengen wie die Quadratwurzeln aus den Höhen verhalten. Verzeichnet man auf B E als auf der Axe eine Parabel, ſo drucken ihre Ordinaten die mittleren Geſchwindigkeiten aus, und die mittlere Geſchwindigkeit von allen zuſammen gehört zu $\frac{4}{5}$ B E. Die durch die Oefnung A B D E abfließende Waſſermenge iſt alſo die nämliche, welche durch den Boden eines beſtändig voll erhaltenen prismatiſchen Gefäßes ablaufen würde, das A B D E zur Bodenfläche und $\frac{4}{5}$ B E zur Höhe hätte.

*) Sollte heißen: auf die Wandfläche.

Ausfluß des Waſſers aus lothrechten Oefnungen von beträchtlicher Größe findet.

Man ſetzt voraus, die Geſchwindigkeit des Waſſers ſei in jedem Punkt der Oefnung derjenigen gleich, welche ein ſchwerer Körper durch den Fall von der Höhe des Waſſers, von der Oberfläche bis zum gegebenen Punkt der Oefnung gerechnet, erlangen würde. Man ſtellt ſich weiter vor, die gegebene Oefnung ſei in unendlich viele Rektangeln und Trapezien mit wagrechten Grundlinien zerlegt; und indem man nun jedes ſolches unendlich kleine Rektangel oder Trapez als eine beſondere Oefnung betrachtet, deſſen Punkte alle gleich tief unter der Oberfläche des Waſſers liegen, ſo beſtimmt man leicht die in einer gegebenen Zeit durch ſolche durchfließende Waſſermenge; hierauf ſucht man die Summe aller dieſer unendlich kleinen Waſſermengen, um den geſammten Ausfluß zu erhalten, welchen die ganze Oefnung in einer gegebenen Zeit liefert.

153. Man ſieht, ohne daß man nöthig hätte, Anwendungen von dieſer Theorie zu machen, daß ihre Reſultaten größere Waſſermengen verſprechen, als aus dem Gefäß wirklich ausfließen können. Man ſtellt nämlich die Rechnung ſo an, als ob die Oefnung gegen der Bodenfläche unendlich klein wäre, indeß man zugleich vorausſetzt, daß die Oefnung in Vergleichung mit eben dem Boden eine beträchtliche Größe habe. *) Eine

*) Wenn man das IV. Kap. meines Verſuchs einer neuen Theorie ꝛc. nachlieſt, ſo wird man finden, daß ſich meinem Vortrag dieſer Vorwurf nicht machen laſſe. Ich ſehe auch überhaupt nicht, wie ſich das im vorigen §. angu-

einzige Auflösung begreift also eine unendliche Anzahl verschiedener Fälle unter sich, und ihre Abweichung von der

angegebene Verfahren, das man in Hrn. Hofrath Kästners Hydrodynamik umständlich erläutert findet, (S. 140—163.) tadeln lasse, wo sich die Geschwindigkeit für jede unendlich kleine Aenderung der Höhe auch unendlich wenig ändert, müssen nothwendig Differentialformeln gesucht werden, welche diese unendlich kleinen Aenderungen angeben, und das erwähnte Verfahren ist daher unvermeidlich, wenn man nach gesunden Grundsätzen verfahren will.

Wer übrigens solche Formeln z. B. bei Hrn. Hofrath Kästner a. a. O. nachsieht, wird ohne Schwierigkeit finden, daß die Absicht solcher Formeln nur diese ist, die mittlere Höhe des Wasserstands, welche sich für alle Punkte der lothrechten Oefnung gemeinschaftlich annehmen läßt, zu bestimmen, und weiter hat man auch nichts nöthig, denn wenn außerdem gezeigt wird, daß für ein Gefäß, dessen Weite W die Oefnung w und die allen Punkten der Oefnung gemeinschaftliche Tiefe unter dem Wasserspiegel h ist, die zur Geschwindigkeit beim Ausfluß gehörige Tiefe $= \frac{W^2}{W^2 - w^2} . h$ sein müsse, so versteht es sich, daß nun auch die bei lothrechten Oefnungen berechnete mittlere Höhe mit $\frac{W^2}{W^2 - w^2}$ multiplicirt werden müsse, um die der Geschwindigkeit durch die ganze Oefnung zugehörige Höhe anzugeben, wobei also auf die verschiedene Verhältniß der Oefnung zur Weite des Gefäßes allerdings Rücksicht genommen wird. Wer übrigens den wahren Grund des Ausdrucks $\frac{W^2}{W^2 - w^2} . h$ kennt, muß ohne weis

tere

der Wahrheit wird deſto beträchtlicher, je gröſſer die Oefnungen in Vergleichung mit der ganzen Bodenfläche werden.

Man kann inzwiſchen das Verfahren der alten Theorie gebrauchen, diejenigen Fragen, welche den Ausfluß aus lothrechten Oefnungen betreffen, genau zu beantworten; nur muß man vor allen Dingen die Verhältniß der Oefnung zur ganzen Bodenfläche beſtimmen.

Aus dieſer Verhältniß beſtimmt man die gleichförmige Geſchwindigkeit des Waſſers, das z. B. aus einem 15 Fuß hohen Gefäß in einer Sekunde auslauft. Man findet leicht die Schwere, deren Wirkung man dieſe Geſchwindigkeit beimeſſen kann; und anſtatt bei Auflöſung der Aufgabe vorauszuſetzen, daß ſchwere Körper beim freien Fall 15 Fuß in 1 Sek. durchlaufen, muß man die im vorliegenden Fall eintretende Wirkung der

tere Erinnerung auch wiſſen, daß bei lothrechten Oefnungen unter W nicht die Gröſſe der Wandfläche, worin ſich die Oefnung befindet, ſondern die Oberfläche des Waſſers verſtanden werden müſſe; die gewöhnliche Vorausſetzung groſſer lothrechter Oefnungen hat aber nur die Meinung, daß ſolche einen beträchtlichen Theil der Wand ausmachen, z. B. die Oefnungen in den Schleuſenthoren; gegen der Oberfläche des Waſſers aber ſind ſie gewöhnlich ſehr unbeträchtlich. Daß inzwiſchen die reine Bernoulliſche Theorie hierbei wirklich allemal mehr verſpricht, als die Ausübung gibt, gebe ich gerne zu, weil nämlich bei ihr, ſo wie in jeder andern Theorie, das Waſſer als ein vollkommen bewegbarer Körper, der dem Eindrücken der Schwere ganz ungehindert folge, betrachtet wird.

von 15 Fuß hoch bewirkte Geſchwindigkeit hätten, die unter vorerwähnten Umſtänden auslaufende Waſſermenge 30 Kubikzoll betragen würde. Die ausgelaufenen Waſſermengen würden ſich alſo gegen einander verhalten = $29\frac{1}{2} : 30$, d. i. ſie würden ſehr nahe einander gleich ſein. Es leidet aber der Strahl bei ſeinem Durchgang durch die Oefnung eine Zuſammenziehung, die ſich ſehr ſchwer, oder beſſer zu reden, gar nicht genau meſſen läßt. Man darf alſo ſolche nur um ein bischen geringer als ſie wirklich iſt, in Anſchlag bringen, um dem auslaufenden Waſſer die Geſchwindigkeit beizumeſſen, welche durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes erlangt würde.

157. Unſere Theorie gibt eine ſehr lichtvolle Darſtellung von dem, was in des Hrn. Abt Boſſüt Werk eine bloße Behauptung iſt. Man findet darin, daß die Geſchwindigkeit in der Oefnung nur noch ſehr langſam und ganz unmerklich zu wachſen fortfährt, wenn man die Oefnung, welche nur den zwanzigſten Theil der ganzen Bodenfläche beträgt, nach und nach noch kleiner macht. Da die Luft dem Ausfluß des Waſſers hinderlich iſt, ſo ſieht man leicht, daß man durch Verkleinerung der Oefnung das, was ſich in der Geſchwindigkeit gewinnen läßt, leicht durch den verhältnißweiſe größern Widerſtand verliehren kann; und man ſchließt, daß man bei dieſen phyſiſchen Erſcheinungen die Oefnungen nicht zu klein machen darf, wenn das Waſſer bei ſeinem Ausfluß die größtmögliche Geſchwindigkeit erhalten ſoll. Unſere Theorie hat den ſchätzbaren Vorzug, daß ſie eine auf alle mögliche Fälle paſſende Auflöſung gibt, und dieſes iſt alsdann von Wichtigkeit, wann von

Oef-

ſnungen die Rede iſt, welche in Vergleichung mit
n Boden beträchtlich ſind. *)

Alle Schriftſteller haben bei graden prismatiſchen
fäßen angemerkt, daß, wenn die Oefnung der gan-
zen

*) Nur ſchade, daß des Hrn. Verf. Theorie mit den bekannten Bewegungsgeſetzen ſchwerer Körper gar nicht zuſammenhängt, alſo theoretiſch falſch iſt, folglich den Namen einer Theorie nicht verdient, ſondern höchſtens nur als eine Hypotheſe angeſehen werden kann, welche angibt, wie dieſe und jene Erſcheinung erfolgt, nicht aber warum ſie ſo erfolgt. Die Bernoulliſche und Eulerſche Theorien laſſen freilich eigentlich nur auf Bodenöfnungen gradezu ſich anwenden, weil da die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes mit der Geſchwindigkeit des Waſſers im Gefäß einerlei Richtung hat. Dieſer Umſtand fällt aber weg, wenn die Oefnung auf der Seite iſt, und ich habe in der Anmerkung zu §. 147. ſchon bemerkt, daß die Verwandlung der lothrechten Bewegung der Waſſerſchichten im Gefäß in die wagrechte, durch die Oefnung die Zuſammenziehung des Strahls vergrößern muß. Je ſtärker die lothrechte Bewegung, oder je größer die Geſchwindigkeit des Waſſers im Gefäß iſt, deſto beträchtlicher muß die daher rührende Zuſammenziehung werden; dieſe wird alſo deſto beträchtlicher, je größer die Oefnung in Vergleichung mit der Weite des Gefäßes iſt. Statt der Zuſammenziehung hat aber bei großen Oefnungen der erwähnte Umſtand mehr die Folge, daß Unordnung in der Bewegung entſteht, und hierdurch die horizontale Geſchwindigkeit vermindert wird. Wer alſo die Theorie verbeſſern wollte, müßte zeigen, was der erwähnte Umſtand für einen natürlichen Einfluß auf die Bewegung hätte. Iſt die Geſchwindigkeit durch die Oefnung gegen der Geſchwindigkeit, womit die Waſſer-

theile

von 15 Fuß hoch bewirkte Geschwindigkeit hätten, i
unter vorerwähnten Umständen auslaufende Wasserm
ge 30 Kubikzoll betragen würde. Die ausgelaufen
Wassermengen würden sich also gegen einander verhal
$= 29\frac{1}{2} : 30$, d. i. sie würden sehr nahe einander gle
sein. Es leidet aber der Strahl bei seinem Durchga
durch die Oefnung eine Zusammenziehung, die sich s
schwer, oder besser zu reden, gar nicht genau mes
läßt. Man darf also solche nur um ein bischen gerin
als sie wirklich ist, in Anschlag bringen, um dem a
laufenden Wasser die Geschwindigkeit beizumessen, w
che durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes
langt würde.

157. Unsere Theorie gibt eine sehr lichtvolle D
stellung von dem, was in des Hrn. Abt Bossüt W
eine bloße Behauptung ist. Man findet darin, d
die Geschwindigkeit in der Oefnung nur noch sehr la
sam und ganz unmerklich zu wachsen fortfährt, wenn m
die Oefnung, welche nur den zwanzigsten Theil der g
zen Bodenfläche beträgt, nach und nach noch klei
macht. Da die Luft dem Ausfluß des Wassers hind
lich ist, so sieht man leicht, daß man durch Verklei
rung der Oefnung das, was sich in der Geschwindigk
gewinnen läßt, leicht durch den verhältnißweise größ
Widerstand verliehren kann; und man schließt, d
man bei diesen physischen Erscheinungen die Oefnu
gen nicht zu klein machen darf, wenn das Wasser
seinem Ausfluß die größtmögliche Geschwindigkeit erh
ten soll. Unsere Theorie hat den schätzbaren Vorz
daß sie eine auf alle mögliche Fälle passende Auflösu
gibt, und dieses ist alsdann von Wichtigkeit, wann v

Oeffnungen die Rede iſt, welche in Vergleichung mit dem Boden beträchtlich ſind. *)

Alle Schriftſteller haben bei graden prismatiſchen Gefäßen angemerkt, daß, wenn die Oeffnung der ganzen

*) Nur ſchade, daß des Hrn. Verf. Theorie mit den bekannten Bewegungsgeſetzen ſchwerer Körper gar nicht zuſammenhängt, alſo theoretiſch falſch iſt, folglich den Namen einer Theorie nicht verdient, ſondern höchſtens nur als eine Hypotheſe angeſehen werden kann, welche angibt, wie dieſe und jene Erſcheinung erfolgt, nicht aber warum ſie ſo erfolgt. Die Bernoulliſche und Euleriſche Theorien laſſen freilich eigentlich nur auf Bodenöffnungen gradezu ſich anwenden, weil da die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes mit der Geſchwindigkeit des Waſſers im Gefäß einerlei Richtung hat. Dieſer Umſtand fällt aber weg, wenn die Oeffnung auf der Seite iſt, und ich habe in der Anmerkung zu §. 147. ſchon bemerkt, daß die Verwandlung der lothrechten Bewegung der Waſſerſchichten im Gefäß in die wagrechte, durch die Oeffnung die Zuſammenziehung des Strahls vergrößern muß. Je ſtärker die lothrechte Bewegung, oder je größer die Geſchwindigkeit des Waſſers im Gefäß iſt, deſto beträchtlicher muß die daher rührende Zuſammenziehung werden; dieſe wird alſo deſto beträchtlicher, je größer die Oeffnung in Vergleichung mit der Weite des Gefäßes iſt. Statt der Zuſammenziehung hat aber bei großen Oeffnungen der erwähnte Umſtand mehr die Folge, daß Unordnung in der Bewegung entſteht, und hierdurch die horizontale Geſchwindigkeit vermindert wird. Wer alſo die Theorie verbeſſern wollte, müßte zeigen, was der erwähnte Umſtand für einen natürlichen Einfluß auf die Bewegung hätte. Iſt die Geſchwindigkeit durch die Oeffnung gegen der Geſchwindigkeit, womit die Waſſer-

theile

gen Bodenfläche gleich iſt, das Waſſer aus der Oefnung wie jeder ſchwere Körper herabfalle, auch eben ſo in einer Sekunde nur 15 Fuß durchlaufe, und daß es alsdann nicht die Geſchwindigkeit habe, welche es durch den Fall von der Höhe des Gefäßes erlangen könnte. Dieſes war zu augenſcheinlich, als daß es auch die nachläßigſten Phyſiker nicht hätten beobachten ſollen. Aber darüber muß man ſich wundern, daß man in Fällen, wo die Oefnung lothrecht und der ganzen Bodenfläche gleich iſt, die Geſchwindigkeit des Waſſers ſo beſtimmt hat, als wann jedes Theilchen beim Ausfluß aus dem Gefäß die dem freien Fall vom Waſſerſpiegel herab zugehörige Geſchwindigkeit hätte. Jetzt erſieht man, wie wichtig dieſer Irrthum iſt. *)

Sechs-

theile im Gefäß ſinken, ſehr groß, ſo kommt auch der erwähnte Umſtand ſehr wenig in Betrachtung, und dieſes iſt die gewöhnliche Vorausſetzung der Hydrodynamiker.

*) Wer meine obigen Anmerkungen, worin ich ſo manches zur Erläuterung der Bernoulliſchen Theorie vorgetragen habe, nachgeleſen hat, wird überzeugt ſein, daß des Hrn. Verf. Vorwurf ſolche gar nicht trifft. Nach der Bernoulliſchen Theorie nimmt die Geſchwindigkeit des auslaufenden Waſſers aus einem gleichweiten bodenloſen Gefäß ohne Ende zu, und wächſt über alle Grenzen, keineswegs aber ſagt ſie, daß das Waſſer darin in einer Sekunde 15 Fuß tief, ſondern nur, daß es in der erſten Sekunde 15 Fuß tief falle; am Ende der erſten Sekunde aber gehört nach dieſer Theorie die Geſchwindigkeit im Boden ſchon der Höhe des 15 Fuß hohen Gefäßes zu, oder es hat alsdann ſchon die Geſchwindigkeit, welche es durch den freien Fall von der Höhe des Gefäßes

Sechste Bemerkung.

158. Es ſei XVED (fig. 34.) die Wandfläche des Gefäßes, welche mit dem Boden gleichen Druck det. Dieſes Gefäß ſei beſtändig voll; man ſtelle ſich r, es habe eine nach der ganzen Höhe des Gefäßes nauf gehende rechtwinklichte Oefnung M N O P, und ß der Ausfluß durch lothrechte Oefnungen eben ſo frei olge, als durch wagrechte.

Wenn man zu N P, als der Axe, mit einem geſſen Parameter eine Parabel N S T verzeichnet, ſo halten ſich die zu jedem Punkt I gehörige Ordinaten, e die Geſchwindigkeiten, womit das Waſſer bei jedem chem Punkt abſchießt. Die Höhe, zu der die mitte Geſchwindigkeit gehört, iſt $= \frac{2}{3}$ N P; der Ausfluß ß alſo eben ſo erfolgen, als wenn man annähme, das Gefäß

fäßes erlangen konnte, die aber mit jeder folgenden Sekunde immer größer wird. Eben das gibt nun auch die Bernoulliſche Theorie für eine der Weite des Gefäßes gleiche lothrechte Oefnung in der Wand. Und ich habe daher ſchon oben erinnert, daß dergleichen Gefäße in der Ausübung im leeren Raum gar nicht voll und ausgefüllt erhalten werden können. In der Atmoſphäre aber geht ſolches durch die Verbindung mit einem Behälter an, wenn gegen ſolchem die Weite des Gefäßes unendlich klein iſt; der Ausfluß verhält ſich dann eben ſo, als wenn der Behälter ſeine und des Gefäßes Höhe zuſammengenommen, und in dem Boden eine Oefnung hätte, die des Gefäßes Weite gleich wäre, da dann die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes wieder nach der Bernoulliſchen Theorie der ganzen Waſſerhöhe zugehörte.

Gefäß habe die gegebene Oefnung, *) und nur $\frac{4}{5}$ NP zur Höhe. 1) Wenn MNOP ein Zwanzigſtheil von XVED, und VE 15 Fuß hoch wäre, ſo müßte man den Ausfluß dadurch beſtimmen, daß man annähme, er erfolge durch eine Oefnung, die $\frac{1}{20}$ der ganzen Bodenfläche betrage, und zwar aus einem Gefäß, deſſen Höhe $\frac{4}{5}$ von 15 oder $6\frac{2}{3}$ Fuß ſei. Man muß alſo die ſolcher Höhe für eine Sekunde zugehörige Geſchwindigkeit ſuchen, indem man vorausſetzt, es habe jedes Waſſertheilchen bei ſeinem Ausgang aus dem Gefäß diejenige Geſchwindigkeit, welche es durch den freien Fall von der Oberfläche des Waſſers bis zu ſeiner Stelle

*) Oder deutlicher: das Gefäß habe ſtatt der gegebenen Seitenöfnung eine eben ſo große wagrechte Oefnung, über der das Waſſer in der Höhe von $\frac{4}{5}$ NP ſtehe.

1) Wir haben (§. 137.) die Regel gegeben, man ſolle in allen Fällen die Höhe des Schwerpunkts als die Höhe gebrauchen, der die mittlere Geſchwindigkeit zugehört. Hier iſt die Höhe des Schwerpunkts $= \frac{1}{2}$ NP; es iſt aber $\frac{1}{2}$ NP von $\frac{4}{5}$ NP nur um $\frac{1}{10}$ NP verſchieden, welches in unendlich vielen Fällen ſehr wenig in Betracht kommt. Wir haben nicht vergeſſen, zu erinnern, daß die vorgeſchriebene Regel eine größere Geſchwindigkeit gebe, als wirklich entſtehen könne; wir bemerken aber auch zugleich, daß die Höhe des Schwerpunkts der Oefnung und die Höhe des zur größten Geſchwindigkeit gehörigen Punkts in keinem Fall mehr von einander verſchieden ſind, als wenn die Oefnung lothrecht iſt, und die Höhe der ganzen Wand VE hat. Dieſer Unterſchied beträgt alsdann $\frac{1}{10}$ VE. Dieſe beiden Höhen nähern ſich der Gleichheit um ſo viel mehr, je näher der obere Rand der Oefnung beim Boden liegt.

elle habe erlangen können. Setzt man nun 30 : x
√15 : √6⅔, oder 900 : x² = 15 : 6⅔, ſo erhält
n für die geſuchte Geſchwindigkeit x = 20 Fuß.

Da die aus gleich hohen Gefäßen durch ungleiche
ſnungen in einerlei Zeit auslaufenden Waſſermengen
einer beſtändigen Verhältniß bleiben (§. §. 15. 16.),
) da ſich die Geſchwindigkeit in ſolchen Fällen, wo
Oefnung $\frac{1}{10}$ der ganzen Bodenfläche beträgt, zur
ſchwindigkeit in ſolchen Fällen, wo die Oefnung
en dem Boden unendlich klein angenommen wird,
: 29¼ zu 30 verhält, ſo ſetzt man 30 : 29¼ =
: z = 19½, welches die gleichförmige Geſchwindig-
t des aus einem beſtändig voll erhaltenen Gefäß aus-
ßenden Waſſers für eine Sekunde gibt, wenn die
ſnung $\frac{1}{16}$ der ganzen Bodenfläche und die Höhe 6 F
ß beträgt.

159. Nach dem eben gegebenen Beiſpiel läßt ſich
ne Schwierigkeit die Geſchwindigkeit für ein Gefäß
n jeder beliebigen Höhe angeben, die Verhältniß der
ſnung zur ganzen Bodenfläche mag ſein wie ſie will.
an ſieht augenſcheinlich, daß die Geſchwindigkeit ſo
nimmt, wie die Größe der Oefnung der ganzen Bo-
nfläche immer näher kommt, und daß ſie niemalen ge-
ger iſt, als wann die Oefnung der ganzen Bodenflä-
: gleich wird. In dieſem Fall iſt ſie nur halb ſo groß,
i ſie ſein würde, wenn alle Waſſertheilchen beim Aus-
ß die Geſchwindigkeit hätten, welche ſie durch den
ien Fall von der Oberfläche des Waſſers herab erlan-
n würden. Folglich betrüge für eine 15 Fuß hohe
hrechte Oefnung, welche die ganze Weite des Ge-
ßes hätte, die mittlere Geſchwindigkeit nur 10 Fuß

in einer Sekunde, da man hingegen nach der gewöhnlichen Theorie ſolche zu 20 Fuß berechnet. *)

160. Vermöge derer (§. §. 15. 16.) entwickelten Lehren hat man folgende Proportion: 30, oder die Geſchwindigkeit für ein 15 Fuß hohes Gefäß, woraus das Waſſer in dem Augenblick, da es durch die Oefnung ſchießt, ſich eben ſo bewegt, als wenn es ſchon von der Höhe des Gefäßes herabgefallen wäre, verhält ſich zu 15, oder der Geſchwindigkeit des in einer Sekunde aus einem 15 Fuß hohen Gefäß durch eine der ganzen Bodenfläche gleiche Oefnung auslaufenden Waſſers, wie 20, oder die Geſchwindigkeit bei einem $6\frac{2}{3}$ Fuß hohen Gefäß, deſſen Oefnung gegen der ganzen Bodenfläche als unendlich klein angeſehen werden könnte, zu 10, oder der Geſchwindigkeit bei einem $6\frac{2}{3}$ Fuß hohen Gefäß, deſſen Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich wäre.

161. Man kann das nämliche Reſultat gradezu für den Fall erhalten, wo die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich iſt, und die mittlere Höhe $6\frac{2}{3}$ Fuß beträgt. Man muß zu dem Ende die Zeit ſuchen, welche ein Körper braucht, um $6\frac{2}{3}$ Fuß hoch frei herabzufallen; man ſetzt alſo $15 : 6\frac{2}{3} = (1'')^2 : x^2 =$ dem Quadrat der geſuchten Zeit, welche alſo $\frac{2}{3}$ Sek. beträgt. Da man vorausſetzt, daß während den $\frac{2}{3}''$ beſtändig eine Waſſermaſſe fällt, welche zur Grundfläche die Oefnung und zur Höhe $6\frac{2}{3}$ Fuß hat, ſo folgt, daß während einer Sekunde eine Waſſermaſſe abſchießt, welche die Oefnung

*) Des Hrn. Verf. Theorie beruht aber nur auf einer Hypotheſe, die gewöhnliche hingegen auf den allgemeinen Bewegungsgeſetzen.

mung gleichfalls zur Grundfläche und 10 Fuß zur Höhe hat; denn es ist $\frac{2}{3}'' : 1'' = 6\frac{2}{3} : 10$. *)

162. Es ist zum Erstaunen, daß man die Unrichtigkeit der gewöhnlichen Theorie nicht bei dem Fall, wo die Oefnung lothrecht, und der ganzen Wand ABDE gleich ist, eingesehen hat. Bei allen Wasserfällen ist die Geschwindigkeit, mit der das obere Wasser nachschießt, von der, welche man berechnet, so sehr verschieden, daß es unbegreiflich ist, wie man ganz allgemein in so beträchtliche Irrthümer hat verfallen können. **) Stellt man sich übrigens vor, daß die Fläche

*) Aber die Wassertheilchen, welche, nach dem Mittel genommen, in $\frac{2}{3}$ Sek. $6\frac{2}{3}$ Fuß hoch herabgefallen sind, haben nach den allgemeinen Bewegungsgesetzen bei der Oefnung eine Geschwindigkeit, womit sie in $\frac{2}{3}$ Sek. $2 . 6\frac{2}{3} = 13\frac{1}{3}$ Fuß durchlaufen können, also $\frac{3}{2} . 13\frac{1}{3}$ oder 20 Fuß in einer ganzen Sekunde. Sobald also vom Anfang der Bewegung an $\frac{2}{3}$ Sek. verflossen sind, haben alle nachfolgenden Theilchen an der Oefnung diese Geschwindigkeit von 20 Fuß in 1 Sek., wenn nicht der ungereimte Satz angenommen werden soll, daß jedesmal, so oft $\frac{2}{3}$ Sek. verflossen sind, die Geschwindigkeit der Wassertheilchen an der Oefnung plötzlich vernichtet werde, und aufs Neue von Null anfange.

**) In welche Irrthümer? die gewöhnliche Theorie zeigt nur die Anwendung der allgemeinen Bewegungsgesetze aufs Wasser, sie erinnert auch, daß in der Ausübung Umstände hinzutreten, welche sich mit denen ganz richtig angewendeten Bewegungsgesetzen vereinigen, und daher die sich aus solchen allein ergebenden Resultate abändern, daß sich aber diese Abänderungen nicht theoretisch bestimmen lassen. Der Hr. Verf. lehrt eben so

chung an, ſo findet man, daß die in einerlei Zeit ausfließende Waſſermengen deſto größer ſind, je geringer die Höhe der Gefäße iſt.

Die Geſchwindigkeiten in den Oefnungen würden nämlich gleich groß ſein, wenn die Gefäße einerlei Höhe hätten, und da in ſolchem Fall die Oefnungen gleich groß ſein würden, ſo müßten auch die ausfließenden Waſſermengen einander gleich ſein; macht man aber die Höhen ungleich, ſo können die Geſchwindigkeiten nur wie die Quadratwurzeln aus den Höhen zunehmen, da hingegen die Oefnungen mit den Höhen in gleichem Verhältniß abnehmen. Die in einerlei Zeit abfließenden Waſſer-

eine Wandfläche einerlei bleibt, des Gefäßes übrige Wände mögen ſich wie man will ändern, ſo iſt es, wenn eine unveränderliche Wandfläche weggenommen wird, und eine unveränderliche Oefnung gibt, doch für den Ausfluß oder für die Vollerhaltung nicht gleichgültig, ob die übrigen Wände länger oder kürzer gemacht werden. Je länger ſolche ſind, oder je größer bei einerlei Höhe der Inhalt des Gefäßes iſt, deſto größer muß die Oberfläche ſein, deſto unmerklicher muß, daferne der Abfluß nicht erſetzt würde, der Waſſerſpiegel ſinken, wenn die Oefnung ungeändert bleibt, und um ſo viel leichter iſt alſo das Waſſer im Gefäß auf einerlei Höhe zu erhalten, wenn gleich die Oefnung die eine ganze Wand wegnimmt. Dieſer Fall gehört alſo nicht zu denen Fällen, wo die Oefnung der ganzen Bodenfläche gleich wäre, ſondern, ſo lange die weggenommene Wand noch nicht über $\frac{1}{20}$ von der Weite des Gefäßes beträgt, läßt ſich die Rechnung noch immer ohne merklichen Fehler ſo führen, als ob die Oefnung unendlich klein wäre, was nämlich die Anwendung der Bernoulliſchen Theorie betrifft.

Waſſermengen ergeben ſich durch das Produkt aus den Oeſnungen in die Höhen, ſie müſſen alſo deſto geringer ausfallen, je höher die Gefäße ſind. Verhalten ſich z. B. die Höhen zweier Gefäße von gleichem Inhalt ꝛc. gegen einander, wie 4 zu 1, ſo muß die Geſchwindigkeit bei dem erſten dieſer beiden Gefäße doppelt ſo groß ſein als bei dem zweiten; aber der Boden des zweiten iſt 4mal ſo groß, folglich auch deſſen Oeſnung 4mal ſo groß als die Oeſnung des erſten Gefäßes, folglich ſein Ausfluß doppelt ſo ſtark.

Eben der Erfolg würde auch ſtatt haben, wann die Oeſnung in beiden Gefäßen der ganzen Bodenfläche gleich wäre. Dasjenige, welches die geringſte Höhe hätte, würde ſich am erſten ausleeren. Die Urſache liegt nicht darin, daß das Waſſer in dem niedrigen Gefäß etwa freier als in dem höhern herabfallen könne, ſondern die nämliche Waſſermaſſe brauche längere Zeit, um aus einem längern Gefäß abzulaufen.

Vierzehnter Abſchnitt.

Von der Vertheilung der Waſſer.

164.

Es iſt etwas ſehr gewöhnliches, daß man Waſſer, die entweder zum Vergnügen oder zum Bedürfniß ganzer Gemeinden beſtimmt ſind, in Behälter leitet, in deren Wände man Oeſnungen anbringt, welche zuſammen hinlänglich ſind, um alle dem Behälter zufließende Waſſer abzulaſſen, und welche, einzeln genommen, die Waſſer in einer verlangten Verhältniß abführen.

Da die kleinen Oefnungen einen verhältnißmäßig geringern Ausfluß geben, als die großen, so wird man solche um etwas sehr weniges größer machen müssen, als sie nach der Theorie zu sein brauchten. *) Man darf sich keine Hofnung machen, eine solche Vertheilung so gradezu vollkommen zu treffen.

167. Es wäre zwar nicht nothwendig, die Schwerpunkte aller Oefnungen in eine einzige grade Linie zu bringen, sondern könnte ihnen jede beliebige Stellung geben, aber dann müßte man ihre Größe nach der Geschwindigkeit, welche ihrer jedesmaligen Tiefe unter dem Wasserspiegel zugehörte, verhältnißmäßig einrichten. Diese Tiefe ist aber gewöhnlich einer Abwechselung unterworfen, nachdem nämlich die Quellen stärker oder schwächer werden. Wäre nun die Vertheilung für einen Fall gut eingerichtet, so würde sie nicht mehr zweckmäßig sein, sobald der Wasserspiegel im Behälter höher oder niedriger zu stehen käme, weil die Geschwindigkeit nach der Verhältniß der Wasserhöhen über den Oefnungen weder ab- noch zunehmen.

168. Bei der wirklichen Anwendung darf man die von uns entwickelte Theorie nur dazu gebrauchen, daß man nach ihr die Abmessungen der Oefnungen auf ein Beinahe

*) Die drei einzelnen Oefnungen geben nämlich etwas weniger, als eine einzige, die so groß als jene 3 zusammengenommen wäre, man müßte also die einzelnen Oefnungen etwas größer machen, so daß sie in ihrer Summe z. B. 20 Zoll weit wären, und könnte also die erste 12, die zwote 6 und die dritte 2 Quadratzoll weit machen.

nahe erhält. Da die ausfließenden Wasser in Röhren fortgeleitet werden, so muß man an solchen Röhren Hahne anbringen, vermittelst deren man nach einigen Proben die verhältnißmäßige Vertheilung bewirken kann.

169. Hr. Mariotte hat gefunden, daß eine kreisförmige lothrechte Oefnung von einem Zoll im Durchmesser, deren Mittelpunkt 7 Linien unter dem Wasserspiegel liegt, in einer Minute beinahe 14 Pariser Kannen gebe, deren 36 auf einen Kubikfuß gehen.

Diesen Ausfluß nannte er und spätere Schriftsteller einen Wasserzoll. *) Eine Wasserlinie ist $\frac{1}{144}$ eines Wasserzolls; solche ergibt sich also in einer Minute aus einer Oefnung, welche eine Linie im Durchmesser hält, und deren Mittelpunkt 7 Linien tief unter dem Wasserspiegel liegt. Die Brunnenmeister drucken die Wassermenge, welche die Behälter geben können, in Wasserlinien, Wasserzollen ꝛc. aus. Der Hr. Abt Bossüt ist aber mit Recht der Meinung, daß solche Bestimmungen nach Kubikzollen geschehen sollten, um so viel mehr da Hr. Mariotte die Wassermenge aus einer runden lothrechten Oefnung, welche 1 Zoll im Durchmesser hat, und deren Mittelpunkt 7 Linien unter dem Wasserspiegel liegt, etwas zu groß angibt.

In der Ausübung thut man am besten, wenn man bei Bestimmung der Wassermengen aus Oefnungen in dünnen Platten eine Erfahrung des Hrn. Bossüt zum Grund legt, vermöge welcher eine runde 12 Zoll tief unter dem Wasserspiegel liegende Oefnung, die einen Zoll im

*) S. die Anmerk. zu §. 74.

im Durchmeſſer hat, [illegible] einen verhältnißmäßig Waſſer gibt. [illegible] ſo wird man

Dieſe Erfahrung, mit dem Lehr[illegible] die wirklichen Waſſermengen aus zwoen Oefnungen einerlei Zeit ſich wie die Produkte aus dieſen Oefnungen in die Quadratwurzeln aus den Waſſerhöhen verhalte wird hinlänglich ſein, ziemlich genaue Berechnungen die Waſſermengen zu führen, welche ſich bei höher[illegible] ſerbehältern aus größern Oefnungen ergebe[illegible] ſchen wird allemal erfodert, daß die Oefnu[illegible] dig der ganzen Bodenfläche als ſehr klein angeſehen können; hätten ſie in Vergleichung mit dem B[illegible] ne beträchtliche Größe, ſo müßte man die Reſulta unſern Lehren (§. §. 15. 16.) gehörig abändern.

Funfzehnter Abſchnitt.

Von der Dicke, welche man den Röhr[illegible] den geben muß, damit ſie den Druck de[illegible] aushalten können.

170. [illegible]rf man die

Wenn das Waſſer in Röhrenleitu[illegible]auchen, daß und darin freien Abfluß [illegible]nungen auf ein Bei- des Behälters über der Oefnu[illegible] nahe der Druck des Waſſers auf [illegible]len geben nämlich etwas wes allemal gering, wenn man [illegible]öte ſo groß als jene 3 zuſam chen das Waſſer, wenn [illegible]an müßte alſo die einzelnen Oeſ ausübt. Da man abe[illegible]ſachen, ſo daß ſie in ihrer Sum ren, durch welche das [illegible] [illegible]unte alſo die er [illegible]adratzoll weit

*) Oder richtiger: die Summe der Oefnungen.

he erhält. Da die ausfließenden an ihren Wänden für
rgeleitet werden Dicke geben, bei der sie gegen das Ver-
anbringen, versichert sind.

Zur Vergleichung der Wanddicken zweier Röhren,
elche der Gewalt des Wassers gleich stark widerstehen
en, ist nachstehendes zu bemerken. I) In jeder
ffe ist der Druck auf eine gegebene Stelle um so viel
egel lieg größer die lothrechte Höhe von dieser Stelle
n gebe, b Herspiegel im Behälter ist. II) Bei ei-
Wasserhöhe verhält sich der Druck auf die Wände
m Auger Röhrenstücke, wie der innere Umfang die-
Röhrenstücke, also auch wie ihre Durchmesser. Die
anddicke muß also bei Röhren von einerlei Materie,
bei einerlei Wasserhöhe in eben der Verhältniß zuneh-
n, wie der Durchmesser der Röhren, wenn sie gegen
s Bersten gleiche Sicherheit haben sollen. III) Die
assen, welche zu den Röhren gebraucht werden, kön-
n Boss verschiedene Festigkeit haben; die Wanddicke
ss also desto beträchtlicher sein, je schwächer die Ma-
viel m ist, welche man zu den Röhren gebraucht.
den lothr der Wanddicke ist also überhaupt aus
sser hat, und Wasserhöhen und der Röhrenweiten,
asserspiegel liegt, Verhältniß der specifischen Festig-
n Materien zusammengesetzt.

In der Ausübung t Wanddicken zweener Röhren;
Bestimmung der Wa h ihre Höhen; T, t ihre
nnen Platten eine Erfah $E : e = \frac{HD}{T} : \frac{hd}{t}$.
rund legt, vermöge welcher
ter dem Wasserspiegel liegend ng die geringste Wand-
Röhre von gegebenem Durchmesser
en ni , dem Wasserdruck zu widerstehen, so
findet

findet man leicht für eine andere Röhre von eben der Materie, deren Waſſerhöhe und Durchmeſſer gegeben iſt, die Wanddicke, welche ſie haben muß, um gegen das Berſten geſichert zu ſein.

Vergleicht man Röhren von verſchiedenen Waſſerhöhen, verſchiedenen Durchmeſſern und von verſchiedenen Materien mit einander, ſo muß man auch die Verhältniß der ſpecifiſchen Feſtigkeit aus der Erfahrung kennen.

Da man ſehr häufig bleierne Röhren gebraucht, ſo will ich hier eine Erfahrung des Hrn. Parent mittheilen, vermöge welcher man die in jedem andern Fall erforderliche Wanddicke bleierner Röhren beſtimmen kann. Nach dieſem Schriftſteller muß eine bleierne Röhre, welche 12 Zoll im Durchmeſſer hat, und über welcher das Waſſer 60 Fuß hoch ſteht, eine 6 Linien dicke Wand haben, um die Gewalt des Waſſers auszuhalten, ohne zu berſten.

171. Nachſtehende Tafel *) enthält die Wanddicken, welche man den bleiernen oder eiſernen Röhren nach ihren verſchiedenen Durchmeſſern zu geben pflegt, es mögen ſolche bei ihrer Ausflußmündung Aufſatzröhren haben oder nicht. 1)

Bleier-

*) Dieſes Täfelchen hat nicht den geringſten Nutzen, weil bei denen darin angegebenen Wanddicken auf die Waſſerhöhe, folglich auf den verſchiedenen Druck, den die Röhren auszuhalten haben, gar keine Rückſicht genommen wird. So ſind ſie z. B. für Waſſerhöhen von 50 Fuß zu

1) Hyd. de M. Boſſut P. II. pag. 186. **)

**) In dem oben angeführten neuern Werk des Hrn. Boſſut, Tome II. Chap. XI.

Bleierne Röhren.		Eiſerne Röhren.	
Durchmeſſer der Röhren in Zollen.	Dicke der Röhrenwände in Linien.	Durchmeſſer der Röhren in Zollen.	Dicke der Röhrenwände in Linien.
1	$2\frac{1}{2}$	1	1
$1\frac{1}{2}$	3	2	3
2	4	4	4
3	5	6	5
$4\frac{1}{2}$	6	8	6
6	7	10	7
7	8	12	8

Sechzehnter Abſchnitt.

Geſetze für den Ausfluß des Waſſers, welches am Ende eines wagrechten Kanals einen freien Abfluß hat.

172. (fig. 35.)

Man gedenke ſich einen wagrechten Kanal von unbeſtimmter Länge, der überall gleich breit und gleich tief

zu ſtark, d. h. bei weitem ſtärker als nöthig iſt, und für Waſſerhöhen von 400 Fuß viel zu ſchwach angegeben. Bei Druckwerken tritt aber ſehr oft der Fall ein, daß die Röhrenwand von einer mehr als 400 Fuß hohen Waſſerſäule gedruckt wird. Man hat daher andere Beſtimmungen nöthig, als dieſes ganz unnütze Täfelchen enthält, und ich kenne für hölzerne und eiſerne Röhren keine lehrreiche Verſuche, als die ich ſelbſten bei einer Waſſerhöhe von 240 Fuß hoch anzuſtellen Gelegenheit gehabt habe. ſ. meinen Verſuch einer neuen Theorie ꝛc. S. 131 — 141.

tief iſt, und worin das Waſſer ruhig ſteht; ſteht man nun plötzlich das am einem Ende ſtatt einer Wand angebrachte Schutzbret ABDE, und nimmt dabei an, daß das Waſſer immer fort auf einerlei Höhe erhalten werde, ſo läßt ſich die in gegebener Zeit abfließende Waſſermenge aus dem, was wir in der ſechſten Bemerkung (§. 159.) geſagt haben, leicht beſtimmen. Da in jedem Augenblick nur diejenige Waſſermaſſe ein Beſtreben zu ſinken hat, deren Druck das Schutzbret auszuhalten hatte, ſo muß der Ausfluß der nämliche ſein, wie durch ein vertikales Gefäß, deſſen Boden der Fläche des Schutzbrets gleich wäre, die Höhe aber $\frac{2}{3}$ von der Höhe des Schutzbrets betrüge, und woraus das Waſſer ungehindert und ohnunterbrochen abſchöſſe; dieſer Ausfluß würde alſo die Hälfte von dem betragen, welchen man aus der Vorausſetzung berechnen würde, daß das Waſſer mit der Geſchwindigkeit abſchießen würde, welche es durch den Fall von der Höhe dieſes Gefäßes herab erlangen könnte. *)

173. Wenn der Fall bei unveränderter Höhe breiter oder ſchmäler gemacht wird, ſo bleibt die mittlere Geſchwindigkeit unverändert, und die in einerlei Zeit ausfließende Waſſermenge wird in der Verhältniß größer oder kleiner, in welcher man den Kanal breiter oder ſchmäler gemacht hat.

174.

*) Man müßte alſo hiernach die mittlere Geſchwindigkeit, mit welcher das Waſſer durch die Oefnung des aufgezogenen Schutzbrets ſchöſſe, ſo berechnen, als ob ſie nur dem vierten Theil von $\frac{2}{3}$ der Höhe des Schutzbrets, d. i. nur dem neunten Theil von der Höhe des Schutzbrets zugehörte.

174. Bleibt die Breite des Kanals die nämliche, die Höhe aber wird verändert, so verhalten sich die in eben der Zeit durch Oefnungen von verschiedenen Höhen abfließenden Wassermengen, wie die Produkte aus den Flächen der Oefnungen in die Quadratwurzeln der Höhen. Wenn man also die Oefnungen a b i x g i k h (fig. 36.), welche gleich breit sind, deren Höhen sich aber verhalten wie 4 : 1, so verhalten sich die mittlern Geschwindigkeiten wie 2 : 1; und weil die Fläche der erstern Oefnung viermal so groß ist, als die der andern, so verhalten sich die in einerlei Zeit abschießenden Wassermengen wie 8 : 1.

Macht man in der Höhe g i eine Oefnung g i m l so groß als die Fläche a b i k, so verhalten sich die in einerlei Zeit durch diese gleich große Oefnungen auslaufenden Wassermengen schlechthin wie die Quadratwurzeln aus den Höhen, also im gegenwärtigen Fall wie 1 zu 2.

Hieraus folgt: wenn man eine Oefnung a o i s $= \frac{1}{2}$ a b i k $= \frac{1}{2}$ g i m l macht, so liefert solche in einerlei Zeit eben so viel Wasser als die Oefnung g i m l. Es folgt hieraus weiter, daß man in einerlei Zeit einerlei Wassermengen erhält, wenn die Produkte aus den Oefnungen in die Quadratwurzeln der Höhen gleiche Größen geben. Die Oefnungen müssen sich alsdann umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Höhen verhalten.

175. Wir haben (§. 159.) bei Bestimmug derer durch eine lothrechte Oefnung ausfließenden Wassermengen vorausgesetzt, daß der Kanal beständig bis zu einerlei Höhe voll erhalten werde. Man begreift, daß diese Vollerhaltung auf verschiedene Weise bewirkt werden

kann; aber bei wirklichen Anlagen kann ſie nicht anders, als nach der Richtung des Kanals und nach welcher das Waſſer abfließt, geſchehen.

176. Wenn das Waſſer, bevor es abſchießt, eine beſtimmte Höhe hat, ſo kann es nahe an der Oefnung, wenn man ihm hier ſeinen freien Abfluß verſtattet, dieſe Höhe nur in ſo weit behalten, als die Geſchwindigkeit des Waſſers im Kanal wenigſtens hinlänglich iſt, den der Höhe des Waſſers zugehörigen Abfluß zu erſetzen; denn vorausgeſetzt, daß das Waſſer vor und während dem Abfluß bei der Oefnung einerlei Höhe habe, ſo müßte, wenn die mittlere Geſchwindigkeit bei der Oefnung wäre, eine größere Waſſermenge durch die Oefnung ſchießen, als in eben der Zeit im Kanal beiflöſſe, welches ungereimt iſt.

177. Uebrigens verändern die lothrechten Querſchnitte nach und nach, je mehr ſie ſich der Oefnung nähern, ihre Geſtalt, und ſobald ſie nicht mehr in dem Kanal auf- und abwärts auf gleiche Art gedruckt werden, ſo ſtürzen ſie unter einander. Indem die unterſten Theile eine Geſchwindigkeit annehmen, welche größer als die mittlere Geſchwindigkeit iſt, ſo wird die Lücke, welche ſie zurücklaſſen, durch den plötzlichen Fall und Abſchuß, der damit zuſammenhängenden obern horizontalen Schichten angefüllt. Es iſt etwas bekanntes, daß in der Nähe der Dämme, beſonders wenn ſich oberhalb eine Vertiefung befindet, die Waſſerfläche eine ſehr geringe Neigung hat, und daß der Abfall des Waſſers nur auf eine gewiſſe Entfernung von der vordern Fläche des Damms merklich wird, welche durch die Höhe des Waſſerſpiegels auf dieſer Fläche angedeutet wird.

178.

178. Wenn die mittlere Geſchwindigkeit des in dem Kanal fließenden Waſſers kleiner wäre, als die mittlere Geſchwindigkeit, welche der Waſſerhöhe in der Oefnung, bevor das Waſſer abgelaſſen wird, zugehört; ſo könnte das Waſſer bei der Oefnung nicht diejenige Höhe behalten, welche es vor dem wirklichen Abfluß hat; es wird ſich aber allemal die bleibende Höhe leicht beſtimmen laſſen; ſie muß nämlich ſo beſchaffen ſein, daß die mittlere Geſchwindigkeit von der mittlern Geſchwindigkeit im Kanal nicht verſchieden iſt.

179. Iſt die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers im Kanal größer, als die Geſchwindigkeit, welche der Druck gegen die Oefnung bewirken kann, ſo verändert das Waſſer an der Oefnung ſeine Lage weniger, und bleibt noch genauer auf der Höhe, welche es im Kanal hatte. Dieſer letzte Erfolg wird um ſo viel mehr bemerkt, je mehr die erſtere der erwähnten Geſchwindigkeiten die letztere übertrifft.

180. Um bei dem Ausfluß, welcher durch lothrechte Oefnungen am Ausgang wagrechter Kanäle erfolgt, die ausfließende Waſſermenge zu beſtimmen, darf man nicht das Waſſer, wenn es in der Oefnung iſt, ſo anſehen, als ob es die gleichförmige Geſchwindigkeit, welche es im Kanal hat, und diejenige, welche der Druck bewirken kann, zugleich hätte. Die Wirkung des Drucks beſteht in dieſem Fall nur darin, daß ſie die gleichförmige Geſchwindigkeit ſchnell abändert. Nach der gewöhnlichen Theorie bringt man nicht nur die Wirkung des Drucks doppelt in Anſchlag, ſondern man rechnet zu dieſer Wirkung auch überdas die ſchon erlangte Geſchwindigkeit noch hinzu. Hier folgt dieſe Theorie.

181. Es sei (fig. 37.) der bis auf die Höhe mit ruhig stehendem Wasser angefüllte Behälter bes dig gleich voll, und seine Wandfläche A B D E w plötzlich weggenommen.

Um nun die mittlere Geschwindigkeit des ohnun brochen ausfließenden Wassers zu bestimmen, stelle sich vor, es sei diese Wand mit unendlich vielen kle Löchern versehen, und das Wasser habe nun bei sei Abschuß in jedem solchen unendlich kleinen Loch dieje Geschwindigkeit, welche es durch den Fall von der O fläche des Wassers herab erlangen würde. Die schwindigkeiten in allen Oefnungen, welche in ein Horizontallinie, wie GK, liegen, müssen gleich sein, die Geschwindigkeiten aber in Oefnungen, w in einerlei Vertikallinie, wie A D liegen, verh sich unter einander wie die Quadratwurzeln aus den hen. Verzeichnet man zu A D, als der Axe, eine rabel A I H, welches eine krumme Linie ist, worin die Ordinaten wie die Quadratwurzeln aus den zugel gen Abscissen verhalten; so müssen sich die Ordina welche zu den Punkten G D gehören, wie die Gesch digkeiten in denen in G und D befindlichen Oefnun verhalten; hieraus folgt, daß die Summe der Gesch digkeiten in allen unendlich kleinen in einem lothred Streifen, wie A D über einander liegenden Oefnun durch die Summe aller Ordinaten, oder durch die p bolische Fläche A I H D ausgedruckt werden kann; wenn der Parameter dieser Parabel 60 Fuße beträgt bezeichnen ihre Ordinaten genau die Geschwindigkeiten

9

*) Nämlich nach den allgemeinen Bewegungsgesetzen man, wenn der freie Fall eines Körpers in der e

Nun beträgt die paraboliſche Fläche A I H D $\frac{2}{3}$ vom Produkt aus A D in D H, folglich iſt die mittlere Geſchwindigkeit aller längſt der ganzen Vertikallinie A D durchſchießenden Waſſertheilchen $\frac{2}{3}$ von H D. Nimmt man A G $= \frac{4}{9}$ A D, ſo beträgt die Ordinate I G $\frac{2}{3}$ von H D; ſie gibt alſo die mittlere Geſchwindigkeit an. Um die in einer gegebenen Zeit aus dem Kanal abſchießende Waſſermenge zu erhalten, multiplicirt man die Summe aller Löcher, oder den Inhalt der Fläche A D B E durch die mittlere Geſchwindigkeit, und nimmt dieſes Produkt ſo vielmal, als die Zeit, worauf ſich die mittlere Geſchwindigkeit bezieht, in der gegebenen Zeit enthalten iſt.

182. Um die zu Beſtimmung der abfließenden Waſſermengen erfoderliche Berechnung zu erleichtern, haben die hydrauliſchen Schriftſteller nach denen im vorigen §. vorgetragenen Grundſätzen Tafeln verfertigt, welche den jedesmaligen Fall mit der zugehörigen gleichförmigen Geſchwindigkeit für eine Sekunde enthalten. Ich ſetze voraus, daß man die Tafeln aus der Architecture hy-

Sekunde 15 Pariſer Fuß beträgt, und die Höhen x, die zugehörigen Geſchwindigkeiten aber y heißen,

$$2\sqrt{15 \cdot x} = y$$

alſo $4 \cdot 15 \cdot x = y^2$

und $\frac{y^2}{x} = 60.$

Es iſt aber $\frac{y^2}{x}$ bekanntlich der Parameter einer Parabel, deren Ordinaten durch y und Abſciſſen durch x ausgedruckt werden.

Reſt durch A D dividirt, gäbe die mittlere Geſchwindigkeit.

185. Gulielmini, welcher die an dem einen Ende eines beſtändig voll erhaltenen horizontalen Kanals in jedem Augenblick abſchießende Waſſermenge durch die (§. §. 181. 184.) vorgetragene Theorie beſtimmt, fühlt dabei die Nothwendigkeit der Vorausſetzung:

> Die Geſchwindigkeit des an jeder andern Stelle des wagrechten Kanals ſei mit derjenigen einerlei, mit welcher das Waſſer aus einem beſtändig voll erhaltenen Gefäß ausfließen würde, deſſen Höhe dem lebendigen Gefälle des Waſſers im horizontalen Kanal gleich wäre; oder welches auf eben das hinauslauft: die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers, welches am Ende eines wagrechten Kanals frei abſchießt, ſei mit der mittlern Geſchwindigkeit in jeder andern Stelle des nämlichen Kanals einerlei. 1)

Man

alſo die Breite der Oeſnung = b, ſo wäre der Ausfluß

$$= \frac{2}{3} b . (XD . HD - XA . AL)$$

heißt die mittlere Geſchwindigkeit c, ſo ergibt ſich durch ſolche der Ausfluß für eine Sekunde

$$= c . b . AD$$

alſo

$$c . b . AD = \frac{2}{3} b . (XD . HD - XA . AL)$$

und

$$c = \frac{\frac{2}{3}(XD . HD - XA . AL)}{AD}$$

welches der gleich folgende Satz des Hrn. Verf. iſt.

1) La velocità, colla quale Scorre l'acqua per un canale orizzontale, è la medeſima che quella ſcor-

Man ſieht nämlich, daß am Ende des Kanals nur eben die Waſſermaſſe abfließen kann, welche in der nämlichen Zeit beifließt. Bleiben die Querſchnitte des Waſſers einerlei, ſo müſſen auch die mittlern Geſchwindigkeiten gleich groß ſein.

Es läßt ſich leicht zeigen, daß Gulielmini dem durch den wagrechten Kanal fließenden Waſſer eine größere Geſchwindigkeit beigelegt hat, als es wirklich beſitzt. Man ſtelle ſich nämlich vor, es ſei bei dem Abſchuß ein Kanal von eben der Breite angebracht, die der obere Kanal hat, aber mit einer ſolchen Abneigung, bei der das Waſſer die mittlere Geſchwindigkeit, welche der Abſchuß bewirken kann, beibehält. Man wird alsdann bemerken, daß das Waſſer in dieſem neuen Kanal eine Höhe erhält, die geringer iſt als in dem, woraus das Waſſer abfällt; die mittlere Geſchwindigkeit beim Abfluß iſt alſo größer als die mittlere Geſchwindigkeit im obern Kanal, weil dieſe beiden Geſchwindigkeiten ſich umgekehrt verhalten, wie die Höhen des Waſſers in beiden Kanälen. Des Gulielmini Vorausſetzungen ſind alſo falſch. **)

ſcorrerebbe da un vaſo pieno d'acqua coll'attezza uguale all'attezza viva dell'acqua nel canale orizzontale. Miſura dell acque correnti di Domenico Guglielmini libro III. propoſizione II. *)

*) Für Leſer, welche der Italiäniſchen Sprache unkundig ſind, füge ich nur die Erinnerung bei, daß die im Text angeführte Vorausſetzung die wörtliche Ueberſetzung dieſer aus des Gulielmini Italiäniſchem Werk angeführten Stelle enthält.

**) Des Hrn. Verf. Meinung iſt, der untere Kanal ſolle eine ſolche Neigung haben, daß das aus dem obern Kanal

Man gedenke ſich ein weites Gefäß, worin das Waſſer beſtändig einen halben Fuß tief erhalten wird, und worin die zum Ausfluß beſtimmte Oefnung in einer dünnen Wand angebracht iſt, und einen Quadratfuß hält, ſo wird man zuverläßig bemerken, daß alsdenn über der Oefnung ein Trichter (§. 22.) entſteht, und daß daher die ausfließende Waſſermenge beträchtlich geringer ausfällt, als wenn dieſer Trichter nicht vorhanden wäre. *)

Es

ſo auch die Breite der Wand, worin ſich die Oefnung befindet, die Breite der Oefnung übertrifft, deſto langſamer brauchen, um den theoretiſchen Ausfluß zu erhalten, alle hintern Waſſerquerſchnitte nachzufolgen, und deſto näher kommt daher der wirkliche Erfolg der Theorie. Dieſes würde nicht ſo ſein, wenn die Waſſertheilchen unter ſich ohne allen Zuſammenhang wären, und die Geſchwindigkeit aller Theilchen ſchlechterdings nur längſt dem Kanal gerichtet wäre, welche beide Bedingungen aber nicht ſtatt finden.

*) Wenn die Bewegung nach der ordentlichen Theorie erfolgte, ſo dürfte hier, wo die Höhe noch mehr als $\frac{3}{4}$ vom Durchmeſſer der Oefnung beträgt, noch kein Trichter entſtehen. ſ. die Anm. zu §. 22. Er iſt aber allerdings eher zu erwarten, und ſchon, wenn die Höhe die Hälfte vom Durchmeſſer der Oefnung beträgt, weil alsdann der Spiegel ſchon nahe an der Gegend iſt, wo die Bernoulliſche Vorausſetzung, daß alle Querſchnitte des Gefäßes wagrecht, und mit der Geſchwindigkeit $\frac{w}{W}.c$ (wo w die Weite der Oefnung, W die Weite des Gefäßes, und c die Geſchwindigkeit in der Oefnung bedeutet), niederſinken, nicht mehr ſtatt findet, oder eigentlich:

Es ist gar wohl verstattet, eine jede Seite der Oefnung als den vertikalen Ausgang eines horizontalen Kanals anzusehen, durch welchen das Wasser seinen freien Abschuß hat; es beträgt aber die mittlere Geschwindigkeit des Wassers am Ausgang dieser wagrechten Kanäle $\frac{2}{3}$ von der größten Geschwindigkeit. Der Ausfluß durch die ganze Bodenöfnung des Gefäßes muß sich also zu dem Ausfluß durch einen dieser vertikalen Ausgänge verhalten, wie $1 : \frac{2}{3} = 3 : 1$, und der Ausfluß durch die Bodenöfnung zu dem Ausfluß durch alle vier lothrechte Ausgänge zusammengenommen wie 3 : 4. *) Aber die Entstehung des Trichters zeigt eine beträchtliche Verminderung der aus dem Gefäß ausfließenden Wassermenge an; wenn nun dieser Umstand den Ausfluß um ein Drittheil verminderte, so würde sich der wirkliche Ausfluß durch die Bodenöfnung zu dem durch die vier lothrechten Ausgänge verhalten wie 2 : 4.

Es ist klar, daß die von uns angenommene Lage des Wassers im Gefäß den stärkern Ausfluß des Wassers noch mehr befördert, als wann solches bloß durch den Ausgang von vier wagrechten Kanälen, welche sich an

lich: weil die Zeit, worin die erste Wassersäule herabsinkt, zu klein ist, als daß in eben dem Augenblick die Bewegung sich oberwärts über ein hinlänglich großes Stück der Oberfläche ausbreiten könnte, daher hier der Trichter als ein Gefäß anzusehen ist, das voll erhalten werden sollte, deswegen aber nicht voll erhalten werden kann, weil seine obere Weite gegen seiner Oefnung nicht groß genug ist.

*) Das Bisherige wäre nämlich des Gulielminis eigener Theorie gemäß, des Hrn. Verf. Theorie aber würde statt der Verhältniß 3 : 4 die 3 : 2 geben.

an der Oefnung endigten, abschösse. *) Ich muß noch überdas bemerken, daß die Wirkung der Zusammenziehung, welche den Ausfluß durch die Bodenöfnung so sehr vermindert, den Ausfluß durch die lothrechten Ausgänge nicht so sehr verschwächt. Es ist also für den gegenwärtigen Fall offenbar bewiesen, daß der Ausfluß durch den Ausgang wagrechter Kanäle durch die Theorie des Gulielmini weit größer angegeben wird, als er wirklich ist. **)

186.

*) Dieses kann man wohl zugeben, und der Hr. Verf. will damit eigentlich sagen, daß bei der Lage, welche das Wasser im Gefäß gegen die Oefnung hat, der Ausfluß durch die lothrechten Ausgänge um so viel mehr $\frac{1}{4}$ mal, oder doppelt so groß als der durch die Bodenöfnung sein müsse.

**) Der Sinn ist dieser: Es müßte nach Gulielminis Theorie bei Entstehung des Trichters über die 4 Kanten der Oefnung, wie aus vier bei der Oefnung sich endigenden Kanälen, doppelt so viel Wasser herabschießen, als vermöge der gegebenen Wasserhöhe vertikal herabfallen könnte, und eher noch mehr als doppelt so viel, weil das nach allen Seiten ringsherum stehende Wasser den Seitenabfluß noch mehr befördert, als wenn das Wasser bloß in 4 Kanäle gefaßt wäre, und weil überdas bei dem Seitenabfluß aus den Kanälen die Zusammenziehung nicht so beträchtlich ist, wie bei dem vertikalen Abfall durch den Boden. Folglich sollte ringsum von den Seiten mehr Wasser zur Oefnung beifließen können, als zur Ersetzung des lothrechten Abschusses erfoderlich wäre, und es sollte also kein Trichter entstehen können, dafern Gulielminis Theorie vom Abfluß aus Kanälen richtig wäre.

Weil

186. Die Methode, deren ſich Gulielmini bediente, den zweeten Satz des dritten Buchs in ſeinem Werk: Miſura dell'acque correnti zu beweiſen, war nicht paſſend genug. Er legte dabei ganz richtig den Satz zum Grund: wenn man quer durch den Kanal ein Flutzbret lothrecht herablaſſe, ſo leide die gegen den Strohm gerichtete Wandfläche einen eben ſo großen Druck,

Weil nun gleichwohl der Trichter wirklich entſteht, ſo iſt dieſes nach des Hrn. Verf. Meinung ein Beweis, daß erwähnte Theorie den Abfluß durch lothrechte Ausgänge aus wagrechten Kanälen viel zu groß angibt; ſeine Theorie aber glaubt er hierdurch beſtätigt zu ſehen, weil ſolche den horizontalen Abfluß nur halb ſo groß angebe, folglich nach ſeiner Theorie ſtatt der Verhältniß 2:4 dieſe 2:2 heraus komme, welchemnach alſo von der Seite nicht mehr gegen die Oefnung beifließen könne, als bei Entſtehung des Trichters vermöge der Waſſerhöhe wirklich vertikal herabfallen kann: daher die Entſtehung des Trichters ein ſeiner Theorie angemeſſener Erfolg ſei. Allein ich habe vorhin ſchon angezeigt, daß dieſer Erfolg in phyſiſchen Eigenſchaften des Waſſers, welche weder in der gewöhnlichen, noch in des Hrn. Verf. ſeiner Theorie mit betrachtet werden, gegründet iſt; und ſo gerne ich eingeſtehe, daß hier des Hrn. Verf. Verfahren der Wahrheit näher komme, ſo beweißt dieſes doch nicht, daß ſein Verfahren auf Gründen beruhe, ſondern nur, daß er eine für dieſen Fall ganz gut paſſende Hypotheſe zum Grund gelegt hat, die aber mit den allgemeinen Bewegungsgeſetzen gar nicht zuſammenhängt, ſondern nur als eine bloß praktiſche Regel angeſehen werden kann, welche die Abweichung der Theorie von der Erfahrung ziemlich richtig beſtimmen lehrt, ohne daß ſich ein theoretiſcher Grund davon angeben ließe.

Druck, als sie leiden würde, wenn man solche am Ausgang des Kanals anbrächte, er setzte hierauf hinzu, daß, wenn man sich in diesem Schußbret unendlich viele kleine Löcher gedächte, das Wasser durch diese Löcher eben so frei abschießen müßte, wie durch den Ausgang des Kanals, und daß also das Wasser durch jeden Querschnitt des Kanals eben so leicht abschießen müsse, wie durch seinen Ausgang.

Die Erfahrung zeigte keine Vergrößerung der Geschwindigkeit von der Oberfläche gegen den Boden in regulären wagrechten Kanälen. Es war nicht möglich, der Reibung eine so große Aenderung in den Gesetzen der Bewegung zuzuschreiben, zumal da diese Veränderung beim Ausgang des Kanals nicht statt hatte, indem an dieser Stelle die Beschleunigung von der Oberfläche gegen den Boden herab gewiß sehr merklich war.

Auch haben die meisten hydraulischen Schriftsteller Anstand genommen, der Meinung beizutreten, daß die Bewegung des Wassers in wagrechten Kanälen sich nach denen vom Gulielmini bestimmten Gesetzen richte. Manche Schriftsteller haben angenommen, die Geschwindigkeit des Wassers in einem Kanal sei an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen gleich groß; es ist aber sonderbar, daß eben diese Männer die Theorie des Gulielmini auf den Fall angewendet haben, wo das Wasser am Ausgang eines wagrechten Kanals frei abschießt. Nach diesen ist also, wenn die Querschnitte gleich groß sind, die mittlere Geschwindigkeit beim Ausfluß viel größer als an den übrigen Stellen des Kanals.

187. Man kann sehr leicht die Unrichtigkeit des zweeten Satzes im dritten Buch des Gulielminischen Werks

Marks beweiſen. Man gedenke ſich nämlich an der Stelle irgend eines Querſchnitts ein lothrechtes Schutzbret, das mit dem Kanal einerlei Abmeſſungen habe, und das mit dem Waſſer genau einerlei Geſchwindigkeit habe; ſo wird dieſes Schutzbret offenbar (§. 132.) auf der gegen den Strohm gerichteten Seite eben ſo gedruckt, als wenn das Waſſer ruhig ſtände und das Schutzbret feſt gemacht wäre; da man aber vorausſetzt, daß das Waſſer über und unter dem Schutzbret einerlei Höhe hat, und da dieſes Waſſer ſeinen Druck nach allen Seiten ausübt, ſo muß die nach dem Ausgang des Kanals gekehrte Seite nothwendig eben ſo gedruckt werden, wie die Seite, welche gegen den Strohm gekehrt iſt. Macht man alſo an einer beliebigen Stelle des Schutzbrets ein Loch, ſo würde das Waſſer, vermöge der gleich großen Preſſungen ſowohl vor- als rückwärts, durch dieſes Loch nicht anders durchfließen, als es durch ein im Boden oder in den Wänden eines Behälters angebrachtes Loch fließen würde, das man mit einem gegen den Waſſerdruck hinlänglich verwahrten Spunden verſtopft hätte.

Es iſt alſo klar, daß, wenn die Oberfläche des Waſſers in einem Kanal wagrecht iſt, alle einzelne Waſſerſäulen einander die Wage halten und im Gleichgewicht ſind; die unterſten Schichten tragen das Gewicht der obern, aber ſie haben nur eben die Bewegung wie dieſe, und können keine andere haben, 1) und die Bewegung hat allen Schichten, einer wie der andern mitgetheilt werden müſſen.

188.

1) Es könnte ſich ereignen, daß die Geſchwindigkeit des Waſſers beim Boden geringer wäre, als an der Oberfläche, und ſogar, daß das Waſſer in einerlei Tiefe ganz

188. Nachstehende Erfahrung beweißt augenscheinlich, daß die Wirkung des Drucks in einem wagrechten Kanal einerlei ist, es mag das Wasser darinnen ruhig stehen, oder es mag mit einer gewissen Geschwindigkeit fortfließen.

Man nehme eine Glasröhre, ohngefehr eines Zolls weit im Durchmesser, die an beiden Enden offen ist, und stecke sie zum Theil in den Kanal, so daß sie mit dem untern Stück des Kanals einen spitzen Winkel macht; man wird alsdann bemerken, daß, je größer die Geschwindigkeit des Wassers ist, die Röhre der vertikalen Richtung um so viel näher gebracht werden könne, ohne das Wasser zu hindern, daß es in der Röhre in die Höhe steige, solche anfülle und aus der obern Oefnung auslaufe.

Gibt man aber dieser Röhre eine solche Lage, daß sie mit dem obern Theil des Kanals einen spitzen Winkel macht, und ihre untere Oefnung und Lage mit der Geschwindigkeit des fortfließenden Wassers nicht einerlei Richtung hat, so würde das Wasser in der Röhre ohne Druck nicht in die Höhe steigen, und da es darin genau bis zur Höhe des Wasserspiegels im Kanal in die Höhe steigt, so muß man schließen, daß der Druck der obern Schichten auf die untern in einem wagrechten Kanal, worin das Wasser mit einer gewissen Geschwindigkeit fortschießt, genau eben so groß ist, als wenn das Wasser in Ruhe wäre.

189. Würde ein wagrechter Kanal nicht immer gleich voll erhalten, und nun eines von den Schutzbretern,

entgegengesetzte Bewegungen hätte; in allen solchen Fällen würde der Druck immer einerlei sein, wenn die Oberfläche des Wassers wagrecht bliebe.

t, welche ſeine Ausgänge verſchließen, weggenom-
n, ſo würde das Waſſer, welches es zurückhält, nicht
laufen aufhören; nur würde es nicht überall auf ei-
lei Weiſe abfließen. Da nur das zunächſt bei der
fnung gelegene Waſſer bei erfolgendem Abfluß ſogleich
ſinken kann, ſo wird das mit den obern Theilen vor-
den geweſene Gleichgewicht geſtöhrt; die Oberfläche
ſelben ſinkt herab, und dieſe Art von Waſſerfall greift
nählig bis zu dem andern Ende des Kanals um ſich,
die Querſchnitte die größte Höhe behalten. Die
erfläche des Waſſers neigt ſich alſo nach ihrer ganzen
trecke gegen den Horizont; da aber nur diejenige Waſ-
menge durch die Oefnung durchſchießen kann, welche
ch die obern Querſchnitte beifließt, ſo nimmt das
aſſer an dieſer Stelle eine Höhe an, welche von der
aſſermenge abhängt, die hier zum Abſchuß beifließt.

Es iſt klar, daß der Waſſerſpiegel auf eine gewiſſe
trecke von der Oefnung nicht wagrecht bleiben könne.
enn es würden alsdenn, wenn man in dieſer Gegend
end einen Querſchnitt nimmt, alle Waſſertheilchen,
raus er zuſammengeſetzt iſt, von den obern und untern
uerſchnitten gleich ſtark gedruckt werden, und es wäre
o kein Grund vorhanden, weshalb das Waſſer in Be-
gung kommen könnte. Es iſt auch offenbar, daß ſich
dieſem Fall nicht in allen Querſchnitten und in allen
tellen eines jeden Querſchnitts das Waſſer mit gleicher
eſchwindigkeit bewegt, weil alle Querſchnitte unter ein-
der ungleich ſind. Die Bewegung des Waſſers iſt
dann ein wahrer Waſſerfall. Die der Oberfläche
nächſt gelegene Theilchen haben die größte Geſchwin-
gkeit; weit von der Oefnung weg und in der Oefnung
bſt findet das Gegentheil ſtatt.

191. Bisher war bloß von wagrechten Kanälen die Rede; es können aber diese Kanäle gegen den Horizont geneigt sein, und dann ergeben sich verschiedene Fälle. Wenn der Boden des Kanals geneigt, und der Ausgang mit einem Schußbret verschlossen wird, so nimmt der Wasserspiegel sogleich eine wagrechte Lage an; nimmt man aber das Schußbret plötzlich weg, so neigt sich, so wie das Wasser abfließt, seine Oberfläche nach und nach immer mehr, und diese Neigung kann sogar größer werden, als die des Bodens.

Dieses muß allemal statt haben, wenn das Wasser längst dem Kanal beständig mit beschleunigter Bewegung bis zur Oefnung fortschießt. Nimmt man aber die Geschwindigkeit des Wassers im geneigten Kanal als gleichförmig an, so muß die Oberfläche des Wassers bis in die Gegend der Oefnung hin mit dem Boden des Kanals gleichlaufend sein; und nach dieser Stelle hin ändert der Druck die Bewegung des Wassers eben so ab, wie wir für den Fall, wo der Kanal wagrecht ist, angezeigt haben. Es ist unnöthig zu erinnern, daß alle auf der Linie A B (fig. 39.) gelegenen Stellen verschiedene der Neigung des Kanals gemäße Pressungen leiden.

192. (fig. 39.) Nach der Theorie des Guglielmini seßt man wie bei horizontalen Kanalen voraus, die Geschwindigkeit an der Oberfläche sei größer als die am Boden. Um die mittlere Geschwindigkeit zu bestimmen, wenn die Länge A B eines Kanals, seine Neigung oder der Winkel B A E und die Wasserhöhe B C am Ausgang des Kanals gegeben ist, zieht man die horizontallinie A L, bis solche dem aus dem Endpunkt des Kanals aufgerichteten Perpentikel B L begegnet; zur Axe B L ver-

verzeichnet man die Parabel L G H; die Ordinaten aus den Punkten C und B ſtellen die Geſchwindigkeiten vor, welche durch die Fallhöhen C E, B F erlangt werden; die mittlere zwiſchen dieſen Ordinaten ſtellt die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers beim Ausgang aus dem Kanal vor.

Wir wollen hier dergleichen Betrachtungen, wie wir ſchon über die Gulielminiſche Theorie in Rückſicht auf die Geſchwindigkeit des Waſſers in wagrechten Kanälen angeſtellt haben, nicht wiederholen; wir bemerken nur, daß, wann die Geſchwindigkeit in geneigten Kanälen gleichförmig iſt, alle von dem Boden gleich weit abſtehenden Stellen einerlei Druck leiden, und daß es alsdann mit dem Waſſer die nämliche Beſchaffenheit hat, als wenn es in einem wagrechten Kanal mit der gleichförmigen Geſchwindigkeit, die es erlangt hat, abflöſſe, und nur mit einer reſpektiven Schwere, die ſich zur abſoluten Schwere verhielte, wie der Vorſprung der tiefen Fläche zu ihrer Länge. *)

Siebzehnter Abſchnitt.

Von den merkwürdigſten Erſcheinungen bei dem Ausfluß des Waſſers durch wagrechte und geneigte Kanäle.

*) Ich verſtehe unter Vorſprung allemal die wagrecht gemeſſene Länge der ſchiefen Fläche. Eine Fläche, die mit dem Horizont einen rechten Winkel macht, hat in dieſer Bedeutung gar keinen Vorſprung. Im Origina iſt dieſes Wort allemal durch largeur ausgedruckt.

193.

Beim Vortrag der Geſetze, welche die Bewegung des Waſſers bei dem Ausgang aus wagrechten Kanälen befolgt, haben wir angenommen, daß das Waſſer verſchiedene Geſchwindigkeiten haben könne. Es iſt unnöthig zu erinnern, daß dieſe Geſchwindigkeiten nicht ihren Urſprung in den horizontalen Kanälen haben, ſondern man kann ſich leicht vorſtellen, daß ſie durch die Beſchleunigung hervorgebracht werden, es mag nun das Waſſer ſchon über eine ſchiefe Ebene herabgeſchoſſen ſein, oder aus Oefnungen in Wänden voller Gefäße, die bis zur erfoderlichen Höhe angefüllt erhalten werden, abfließen.

Hr. Abt Boſſüt hat über den Ausfluß des Waſſers mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten in horizontalen und ſchiefen Kanälen eine Menge von Beobachtungen angeſtellt. Da er nur ſehr geringe Waſſermengen, ſehr große Geſchwindigkeiten und Kanäle mit ſehr glatten Wänden gebraucht hat, ſo laſſen ſich ſeine Reſultaten nicht allgemein anwenden, und aus denen Fällen, worauf ſich ſeine Unterſuchungen beziehen, nicht auf die Folgen ſchließen, welche ſich ergeben würden, wenn die Waſſermengen beträchtlicher, ihre gleichförmige Geſchwindigkeit geringer, und die Wandflächen des Kanals nicht ſo eben wären. Inzwiſchen liefern doch die Beobachtungen dieſes berühmten Akademikers Erſcheinungen, deren Kenntniß von großer Wichtigkeit iſt.

194. Man ſtelle ſich vor, man habe einen Behälter von unbeſtimmter Höhe, der beſtändig voll erhalten werde, und auf einer ſeiner Wandflächen eine Oefnung habe, die ſich nach Belieben vergrößern laſſe, und deren Fläche ſo beſchaffen ſei, daß die Geſchwindigkeit eines

jeden

jeden durchschießenden Wassertheilchens so angesehen werden könne, als wenn sie durch den freien Fall von dem Wasserspiegel herab entstanden wäre; wir wollen überdas annehmen, es sei an dieser Oefnung ein oben offener Kanal angebracht, der genau so weit sei als die Oefnung, übrigens horizontal liege und eine etwas beträchtliche Länge habe.

Erhält man das Wasser im Behälter beständig auf einerlei Höhe, und merkt auf den Lauf des Wassers im Kanal, so findet man

I) daß das Wasser sich destomehr vermindert, je weiter es sich vom Behälter entfernt, das ist, daß das Wasser allemal desto längere Zeit braucht, einerlei Raum zu durchlaufen, je weiter dieser Raum von der Oefnung entfernt ist.

II) Daß das erste Wasser 1) längere Zeit braucht, bis ans Ende des Kanals zu kommen als das, welches erst nachher in den Kanal tritt, und welches erst in dem Kanal fortzufließen anfängt, wenn der Lauf des Wassers schon völlig in der Reihe ist.

III) Daß die Oberfläche des Wassers nicht bloß nach der Oefnung hin abgeneigt ist; sie erscheint erhaben, so daß die lothrechten Querschnitte in der Höhe zunehmen, bis auf eine gewisse Strecke, wonach sodann die Abneigung gegen die Oefnung hin sichtbar wird.

IV) Daß ohngeachtet der Verzögerung, welche das Wasser durch die Reibung an den Wänden leidet,

1) Dieses hat nur dann seine Richtigkeit, wann die mittlere Geschwindigkeit größer als diejenige ist, welche das lebendige Gefälle des Wassers bewirken kann.

die am Ausgang aus dem Kanal ausfließende Wassermenge doch nicht von derjenigen verschieden ist, welche aus der Oefnung unmittelbar abschießen würde, wenn der Kanal ganz weggenommen würde.

V) Daß bei gleich großer Anfangsgeschwindigkeit des Wassers die abgeneigten Kanäle in kürzerer Zeit durchlaufen werden, als die wagrechten; und daß bei gleichem Gefälle und gleich großer Anfangsgeschwindigkeit, Kanäle von einerlei Länge eher durchlaufen werden, wenn die Wassermasse beträchtlicher ist. Dieser Erfolg rührt daher, weil im letztern Fall die Reibung nicht so beträchtlich ist, eine größere Wassermasse auch ihre Geschwindigkeit besser erhält, und von der Luft einen geringern Widerstand leidet; die Geschwindigkeiten sind übrigens denen in einerlei Zeit auslaufenden Wassermengen bei weitem nicht proportional.

VI) Weil zwo gleich große Oefnungen einerlei Wassermenge geben, dafern die Anfangsgeschwindigkeiten gleich groß sind, so folgt, daß in zwo horizontalen oder nur ganz wenig abgeneigten Kanälen, welche an jenen Oefnungen angebracht sind, die in gleicher Entfernung von diesen Oefnungen genommenen Querschnitte gleich groß sein müssen, jedoch unter der Voraussetzung, daß die Anfangsgeschwindigkeit, auch wenn sie durch die Reibung schon vermindert ist, doch noch größer bleibt als diejenige ist, welche der freie Fall durch die Oefnung bewirken könnte.

VII) Wenn der Kanal und die Oefnung des Behälters die nämliche bleiben, die Höhe des Wassers im Behälter aber wächst, so bleiben die Querschnitte des Wassers im Kanal unverändert, ihre Geschwindigkeit

aber

aber wird gröſſer. Wenn alſo die Waſſerhöhen im Behälter nach und nach wie die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25 ꝛc. zunehmen, ſo ſind die dieſen Höhen zugehörige Geſchwindigkeiten 1, 2, 3, 4, 5 ꝛc. Man muß es alſo als eine ausgemachte Wahrheit anſehen, daß die Geſchwindigkeit, welche das Waſſer in einem Kanal erlangen kann, weder durch das Gefälle dieſes Kanals, noch durch die Waſſerhöhe beſtimmt wird.

Achtzehnter Abſchnitt.

Von der Bewegung des Waſſers in horizontalen oder nur wenig abgeneigten Kanälen; welche am Ende in Behälter ausgehen, und bei deren Ausgang das Waſſer nicht frei herabfällt.

195.

Wir haben (§. 151.) die geringſte mittlere Geſchwindigkeit beſtimmt, welche das Waſſer in einem wagrechten oder nur wenig abgeneigten Kanal haben kann, wenn das Waſſer darin fortfließen und durch eine Oeffnung von gegebener Höhe abſchießen ſoll; wenn aber bei dem Ausgang kein freier Abfall ſtatt fände, und das Waſſer ſich in einen Behälter ergöſſe, ſo hätten die Höhe des Waſſers und ſeine Geſchwindigkeit, wenn alles im Beharrungsſtand wäre, keinen Bezug auf einander, d. i. die Höhe der Querſchnitte könnte ſehr groß und dabei die Geſchwindigkeit ſehr gering ſein.

Neunzehnter Abſchnitt.

Von der Bewegung des Waſſers in Kanälen, bevor die ganze Bewegung darinnen in den Beharrungsſtand gelangt iſt.

196.

In dem Augenblick, wo eine beträchtliche Menge Waſſers in einen Kanal tritt, erhalten die unterſten Schichten ſogleich eine große Geſchwindigkeit; dieſes ſind diejenigen, welche voran ſchießen. So wie ſich aber dieſen nach und nach immer mehr Hinderniſſe entgegenſetzen, ſo wird ihre Bewegung verzögert; die obern Querſchnitte langen inzwiſchen an, und fangen an über die vorausgegangenen wegzuſchießen. Auf dieſe Art folgen ſie alle einander nach, und wenn ſie ſich wegen des Widerſtands, den ſie finden, unter einander vermiſcht haben, ſo fließt das Waſſer mit einer regelmäßigen Bewegung in allen Querſchnitten fort, bis in die Gegend der Oefnung, wo ſich die Bewegung in einen Waſſerfall verwandelt, wie wir ſchon (§. 126.) angemerkt haben.

Zwanzigſter Abſchnitt.

Von der Vereinigung des Waſſers aus verſchiedenen Kanälen in einen einzigen.

197.

Man ſtelle ſich vor, es ſeien an dem Behälter, wovon (§. 194.) die Rede war, verſchiedene wagrechte auf gleiche Art eingerichtete Kanäle angebracht, die gleiche

gleiche Höhe und Weite haben, und worin das Wasser einerlei Stand hat, so ist offenbar, daß sich bei dem Wasser in allen ähnlich liegenden Stellen dieser Kanäle gleiche Erscheinungen zeigen müssen.

198. Es ist auch klar, daß, wenn man zwo von denen am Behälter angebrachten Oefnungen, so nahe zusammen brächte, daß man daran einen Kanal von der vorigen Höhe, aber von der doppelten Breite anbringen könnte, das Wasser alsdann, wenn alle Reibung beiseit gesetzt wird, in den doppelten Kanal eben so abfließen würde, wie in dem einfachen; da aber in dem großen Kanal die Reibung an zwo Wänden aufgehoben ist, so muß die mittlere Geschwindigkeit des Wassers darin beträchtlicher sein. Man sieht also, daß, wenn man in der Oefnung oder im Kanal einerlei Höhe beibehält, die Vergrößerung der flüßigen Masse nur insoferne zur Vergrößerung der Geschwindigkeit beiträgt, als dadurch die Reibung vermindert wird. Der Erfolg hiervon ist desto merklicher, je geringer die Wassermassen sind; und er wird, so zu reden, $= 0$, sobald die Wassermassen beträchtlich werden.

199. Vorausgesetzt, daß die anfängliche Geschwindigkeit im horizontalen Kanal größer ist, als diejenige, welche die Höhe des Wassers beim Ausgang des Kanals bewirken kann, wird die Geschwindigkeit des Wassers durch die Vergrößerung der Wassermasse nicht verändert, es mag der Kanal nach der horizontalen Richtung, oder nach der vertikalen die größte Abmessung haben; in dem Fall aber, wo die anfängliche Geschwindigkeit und die, welche die Wasserhöhe beim Ausgang des Kanals bewirken kann, wenig von einander verschieden sind, würde

das

das Waſſer in dem Kanal, bei welchem die vertikale Abmeſſung größer wäre, nicht ſo ſchnell fortfließen. Es mag nämlich die Reibung, welche das Waſſer leidet, von dem Druck abhängen, welche die flüßige Maſſe gegen den Boden und die Wände eines rechtwinklichten Kanals ausübt, oder ſie mag nur von der Menge der reibenden Theile abhängen, ſo muß ſie, wenn die Querſchnitte ungeändert bleiben, in demjenigen Kanal größer ſein, deſſen vertikale Abmeſſung größer iſt.

200. Man gedenke ſich zween Kanäle von gleicher Höhe und Breite, die nach ihrer ganzen Länge durch ein ſehr dünnes Schußbret von einander abgeſondert ſind, und aus Behältern von ungleicher Höhe voll erhalten werden, worin alſo das Waſſer verſchiedene Geſchwindigkeiten hat, jedoch ſo, daß die Geſchwindigkeit in dem Kanal, worin ſie ſchwächer iſt, noch größer als diejenige ſei, welche die Höhe am Ausgang des Kanals bewirken könnte; wenn nun das Waſſer in beiden Kanälen in ſeinem vollen Lauf iſt, ſo wird das Schußbret, das ſolche von einander unterſcheidet, auf beiden Seiten gleich ſtark gedruckt, weil das Waſſer in beiden Kanälen gleich hoch ſteht. Nimmt man alſo das Schußbret weg, ſo muß der Abfluß fortgehen, ohne daß die Höhe der Querſchnitte in den vereinigten Kanälen einige Aenderung leidet. Nur wird man bemerken, daß das Waſſer, welches die größere Geſchwindigkeit hat, demjenigen, welches die geringere hat, einen Theil davon mittheilt. Man wird in den vereinigten Kanälen eine große Menge einzelner Waſſerſtreifen von verſchiedener Geſchwindigkeit wahrnehmen; je größer inzwiſchen der Strom dieſer Kanäle wird, deſto vollkommener vermiſchen ſich alle Waſ-

ſer-

ſertheilchen von verſchiedener Geſchwindigkeit unter einander, und nehmen eine gemeinſchaftliche mittlere Geſchwindigkeit zwiſchen der größten und kleinſten an.

201. Statt zweener Kanäle kann man auch drei, vier, fünf und ſo viele man immer will, mit einander vereinigen, ohne daß die Höhe der Querſchnitte bei der Verſchiedenheit der Geſchwindigkeiten größer werde; nur wird man eine größere Mannigfaltigkeit in den einzelnen Waſſerſtreifen bemerken.

202. Es würde auch eine beträchtliche Anzahl verſchiedener Waſſerſtreifen entſtehen, wenn man an einer Oefnung einen Kanal anbrächte, der eben die Höhe hätte, aber eine größere Breite. Der größte Streifen würde ſich in der Mitte des Kanals befinden; und da das Waſſer bei ſeinem Abfluß aus der Oefnung ſeitwärts nicht aufgehalten würde, ſo würde es gegen die Seitenwände in einer Richtung abfließen, welche von den Wirkungen des Drucks und der anfänglichen Geſchwindigkeit abhängt. Da dieſe Seitenſtreifen allemal von dem Hauptſchuß des Waſſers unterhalten werden, ſo muß dieſer nothwendig allemal eine größere Höhe haben. Die Oberfläche des Waſſers kann in dieſem Fall nicht wagrecht ſein, ſondern erhaben, und die größte Höhe müßte ſich in der Mitte des größten Waſſerſchuſſes befinden.

203. Hätte man einen Kanal, worin das Waſſer eine hinlängliche Geſchwindigkeit hätte, um den Abfluß bei dem Ausgang, wo das Waſſer frei abſchießen kann, auf eine gegebene Höhe zu unterhalten, und brächte man nun am Ausgang dieſes Kanals einen andern an, welcher mit dem vorigen einerlei Höhe, aber nur die Hälfte von deſſen Breite hätte, ſo wäre es unmöglich,

in

in solchen alles Wasser aus dem großen Kanal laufen zu lassen. Man stelle sich nämlich vor, es sei der große Kanal in seinem Ausgang verschlossen, und man brächte an dieser Wand nach ihrer ganzen Höhe hinauf eine rechtwinklichte Oefnung an, halb so breit als diese Wand, so ist es leicht, vermittelst der oben (§. 146; 15) aus einander gesetzten Theorie die durch diese Oefnung abfließende Wassermenge zu bestimmen, wie auch denjenigen Theil der flüßigen Masse, welcher auf diesem Weg nicht nachfolgen kann, und daher über die Wände des großen Kanals überlaufen muß.

Es folgt aus dieser Theorie, daß, je größer die Geschwindigkeit in dem großen Kanal ist, um so viel mehr Wasser muß über die Wände überschießen, und wenn diese Geschwindigkeit unendlich werden könnte, so würde grade nur die Hälfte des in den Kanal tretenden Wassers durch dessen Oefnung abschießen.

204. Es ist daher gewiß, daß das Wasser, welches sich mit einer erlangten Geschwindigkeit fortbewegt, und welches einen für jeden Augenblick bestimmten Raum einnimmt, nicht dahin gebracht werden kann, daß es einen kleinern Raum einnehme, oder eine größere Geschwindigkeit erlange, wenn man sein Gefälle nicht vergrößern oder nicht bewirken kann, daß es auf sich selbst wirken und drucken müsse, denn weiter gibt es keine Mittel, die Geschwindigkeit hervorzubringen.

205. Wenn inzwischen die Wände des Kanals hoch genug wären, daß das Wasser nicht über sie hinaussteigen könnte, so würde solches so lange zu steigen fortfahren, bis die Wasserhöhe groß genug wäre, so viel

Wasser

Jasser durch die Oefnung durchzutreiben, als in den
oßen Kanal hineinfließt.

206. Ueberhaupt wenn die Geschwindigkeit des
Jassers in einem Kanal, der Raum, den es darin ein-
immt, und die Breite des Schutzbrets gegeben ist,
elches man da, wo das Wasser aus dem Kanal frei
)schießen würde, angebracht hat, um den Ausgang zu
rschließen, so ist es allemal leicht, nach denen (§. 158.)
)rgetragenen Grundsätzen die Höhe zu bestimmen, zu
r das Wasser steigen muß, wenn die ganze in den Ka-
l schießende Wassermenge durch die gelassene Oefnung
ll abfließen können.

207. Die Theorie, welche ich für den Ausfluß
s Wassers aus lothrechten Oefnungen gegeben habe,
derjenigen völlig ähnlich, wo das Wasser durch wag-
chte Bodenöfnungen abschießt. Ich habe in der einen
ie in der andern angenommen, daß nicht bloß die un-
ittelbar gegen die Oefnung druckende Wassersäule ab-
)sse, sondern die gesammte gegen die ganze Bodenfläche
uckende Wassermasse; ich habe endlich vorausgesetzt,
ß dieses Wasser mit der größtmöglichen Freiheit und
ich Verhältniß seines Drucks abschieße. Ich wollte
hen, wie weit die Erfahrung meine Voraussetzungen
stätigte, und will nun einige Resultate erzählen, die
) erhalten habe.

208. Ich benutzte einen in Sandsteine ausgehaue-
n rechtwinklichten Kanal, welcher zu einer Seitensa-
ik gebraucht, und durch einen Fluß beständig voll er-
lten wird. Sein Gefälle ist bei seinem Anfang ziem-
h merklich, und seine Geschwindigkeit ein wenig unre-
lmäßig, aber der Widerstand des Bodens und der

Wände

Wände macht die Bewegung darin bald gleichförmig. In der Gegend des Kanals, die ich wählte, durchlief das Waſſer beſtändig 10 Fuß in 6 Sek. Die Waſſerhöhe betrug $4\frac{1}{2}$ Zoll, und die Breite des Kanals $15\frac{1}{2}$ Zoll. Ich hatte ein Schußbret, das auf dem Boden und auf der einen Seite mit Leinentuch bedeckt war, ſo daß an dieſen Stellen kein Waſſer fortfließen konnte; ich ſtellte es ſo, daß es die Breite des Kanals halb verſperrte, der Waſſerſpiegel erhob ſich nunmehr, und blieb in der Höhe von $7\frac{1}{2}$ Zoll vor dem Schußbret ſtehen.

Die mittlere Geſchwindigkeit im Kanal betrug 20 Zoll in einer Sek. Seine gelieferte Waſſermenge wurde für eben dieſe Zeit durch $20 . 15\frac{1}{2} . 4\frac{1}{2} = 1395$ Kubikzoll ausgedruckt.

Indem ich nun nach den Lehren des 158. §. die Waſſermenge, welche bei einer Höhe von $7\frac{1}{2}$ Zoll und bei einer Breite, welche die Hälfte von der Breite des Kanals ausmachte, ausflöſſe, berechnete, fand ich 2152 Kubikzoll für den Ausfluß des Kanals, aber die Zuſammenziehung verminderte dieſen Ausfluß. Nimmt man dieſe Wirkung der Zuſammenziehung hier eben ſo an, wie für kleine Oefnungen, ſo wäre der wirkliche Ausfluß des Kanals 1435 Zoll. *)

209.

*) Hier ſind die beiden mittlern Zifern ohne Zweifel nur durch einen Druckfehler mit einander verwechſelt, und 43 ſtatt 34 geſetzt worden; denn es iſt $\frac{10}{17} . 2152 = 1345$ ſtatt 1435. Dieſe Zahl 1345 kommt nun zwar der 1395 ungemein nahe, alleine die Berechnung der Zuſammenziehung iſt im gegenwärtigen Fall, wo die Oefnung die Hälfte von der ganzen Weite des Kanals beträgt, dem Anſchein

209. Ich weiß wohl, daß es zur genauen Bestimmung der Wassermenge, welche ein Kanal liefert, kein besseres Mittel gibt, als die Wasser eine bestimmte Zeit in ein Behältniß von bekanntem Inhalt fließen zu lassen; aber dieses so ungekünstelte und sichere Verfahren ist bei beträchtlichen Wassermengen selten anwendbar, und die Umstände haben mir niemalen die Anwendung derselben verstattet. Ich bin genöthigt gewesen, die Geschwindigkeit des Wassers in einem Kanal aus derjenigen zu schließen, welche hineingetaugte Körper, die mit dem Wasser gleiche specifische Schwere hatten, und die ich darin fortschwimmen ließ, für eine gegebene Zeit anzeigten.

In den regulärsten Kanälen ändert die Reibung an dem Boden und den Wänden die Geschwindigkeit des Wassers beträchtlich ab. Auch hierbei läßt sich die mittlere Geschwindigkeit nicht anders als durch viele Versuche mit einiger Genauigkeit bestimmen; und die Resultaten, welche man auf diese Art erhält, sind niemalen völlig befriedigend. Ich werde weiter keine von denen Versuchen, die ich angestellt habe, erzählen, weil ich ihnen nicht Genauigkeit genug habe geben können, um ein vollkommenes Vertrauen für sie zu erwecken.

In den hydraulischen Werken hat man die Zusammenziehung für kleine Oefnungen so gut bestimmt, daß man in dergleichen Fällen die Gesetze des Ausflusses sehr genau

Anschein nach, nur um ein so übereinstimmendes Resultat zu erhalten, eben so wie für sehr kleine Oefnungen geführt worden, welches mit des Hrn. Verf. oben vorgetragenen Lehren nicht zusammenstimmt.

genau bestimmt; man hat aber noch keine Beobachtungen für Fälle, wo die Oefnungen groß sind, angestellt; und man wird nicht eher, als bis man dergleichen Gesetze, wie für kleine Oefnungen festgesetzt hat, mit einiger Genauigkeit die Wassermengen bestimmen können, welche durch Oefnungen, die einen beträchtlichen Theil der ganzen Bodenfläche ausmachen, abfließen. So lange man dieses, welches für lothrechte Oefnungen nützlich sein würde, noch nicht geleistet hat, glaube ich, daß man nach meiner Theorie dabei verfahren, und die Wassermenge, welche sie gäbe, so vermindern könnte, als wenn die Zusammenziehung die nämliche wäre, wie für kleine Oefnungen. Es ist ausgemacht, daß man bei Anwendung der gemeinen Theorie einen stärkern Ausfluß findet, als man wirklich hat. *)

210.

*) Was hier der Hr. Verf. von der gemeinen Theorie sagt, hat seine völlige Richtigkeit, sie bleibt auf große Oefnungen ganz unbrauchbar, wie man überhaupt noch keine auf solche Fälle anwendbare Theorie hat. Eben so gerne gebe ich aber auch zu, daß des Hrn. Verf. Hypothese — denn Theorie kann ich sein Verfahren nicht nennen — hierbei mit ziemlich gutem Erfolg angewendet, folglich als eine ganz gute praktische Regel gebraucht werden kann. Sie dient nämlich die Wassermenge eines wirklich angelegten Kanals, worin das Wasser schon in den Beharrungsstand gekommen ist, ziemlich genau anzugeben, nicht aber die Wassermengen allgemein für jeden Kanal, dessen Abmessungen gegeben sind, zum voraus zu bestimmen, weil des Hrn. Verf. Verfahren doch ohne wirkliche Einlassung des Wassers und nachmalige wirkliche Abmessungen die Wasserhöhe nicht berechnen lehrt, in der das Wasser im Kanal vor der Oefnung

des

210. Ich halte mich bei dieſem Gegenſtand nicht länger auf, um nun auf den Fall zu kommen, wo das Waſſer am Ausgang des Behälters F C frei herabfällt. (fig. 22.) Ich habe einen regulären Kanal gebraucht, der inwendig ſehr glatt und von Strecke zu Strecke durch dergleichen Wehre wie F C unterbrochen war, weshalb das Waſſer unter F P unbeweglich ſchiene. Die Stelle, wo die Oberfläche des Waſſers ſich ſenkte, ſchiene von dem Punkt B um die Größe F B entfernt. Die leichten Körper, welche von dem obern Waſſer in dem Raum A P mit fortgeriſſen wurden, ſchienen mir öfters eine deſto geringere Geſchwindigkeit zu haben, je näher ſie bei P F waren. Erſt wenn das Waſſer auf eine gewiſſe Entfernung von dem Punkt F, die ſich beinahe durch B F ausdrucken läßt, angelangt war, fiel das Waſſer frei herab, und die Bewegung der unterſten Schichten wurde ſchnell beſchleunigt. Eine an beiden Enden offene Glasröhre, welche lothrecht, oder dem Strohm entgegen in das Waſſer gehalten wurde, erhielte in A P eine Waſſerſäule, die mit A B gleich hoch ſtand, und nicht eher zurückfiele, als bis man das untere Ende zu nahe an die Oberfläche des Behälters brachte.

Da ich die Geſchwindigkeit des Waſſers mittelſt leichter Körper in einer andern Gegend des Kanals, wo die Bewegung des Waſſers regelmäßig war, maße, fande ich die abfließenden Waſſermengen dadurch, daß ich nach der Gulielminiſchen Theorie rechnete, und von dem

des Ausfluſſes im Beharrungsſtand der Bewegung ſtehen bleibt. In der Folge wird aber auch hiervon gehandelt.

dem Reſultat die Hälfte nahm, ſo genau, daß i
Richtigkeit meiner zuvor aufgeſtellten Theorie gar
bezweifelte. So oft ich in dem Fall geweſen bin
Erſcheinungen zu unterſuchen, welche erfolgen, wen
etwas beträchtliche Waſſermenge über einem tiefen
frei abſchießt, habe ich allemal ſolche Beobacht
gemacht, wie ich eben erzählt habe; aber niemal
he ich die Gelegenheit gehabt, unter ſolche Umſtär
kommen, wo ich den Abfluß in ein Behältniß hät
ſen, und hiernächſt mit aller Schärfe hätte abmeſſe
nen. Mein Werk war ſchon über 3 Jahre bee
und ich war im Begriff, es öffentlich bekannt zu m
als mir die neue Ausgabe von der Hydraulik des
v. Büat zu Geſicht kam. Ich ſuchte darin mit g
Begierde die Beobachtungen, welche er bei den A
ſen über Wehren angeſtellt hat, aber ich fand leide
ſich keine einzige darunter befand, welche unter
von mir geſetzten und wirklich weſentlichen Beding
angeſtellt ſind. Ich will ſie meinen Leſern mit A
gung einiger Bemerkungen vorlegen, und ich wer
zwiſchen zeigen können, daß ſie den Beweis der vo
gegebenen Regel enthalten.

211. Dieſer Schriftſteller, deſſen Eifer und K
niſſe ich unendlich verehre, hatte in ſeinem erſten
ſehr gut bewieſen, daß die Theorie des Gulielmini
das geringſte Zutrauen verdiene; da er aber die W
menge beſtimmen wollte, welche über ein Wehr frei
ſchöſſe, legte er die Theorie des Italiäniſchen Sc
ſtellers zum Grund, ohne zu bemerken, daß er ſich
ſelbſt widerſprach. Es ſei nämlich D C der Bod
nes wagrechten Kanals (fig. 22.), A B die Ober
des Waſſers, F C ein Wehr. Weil man die W

m

enge, welche in der Höhe B F abschießt, bestimmen
ll, so muß alles unter F befindliche Wasser für nichts
rechnet werden. Zieht man also eine Linie P F dem
oden gleichlaufend, so ergibt sich zwischen P F und A B
rjenige Theil, welcher unmittelbar den Abfluß über das
Zehr unterhalten muß. Nimmt man aber für das
Zehr die Theorie des Gulielmini an, so muß man sol-
e auch in den obern Theil des Kanals gelten lassen,
nn sonsten wäre der Abfluß am Ausgang des Kanals
trächtlicher als weiter oben, welches ungereimt wäre.

212. Hr. v. Büat hat seine vorige Vorstellungs-
t umgeändert; er hat eingesehen, daß die gemeine
heorie nicht angenommen werden konnte; er sagt, es
folge alles grade so, als wenn das Wasser über ein von
bis I herabgelassenes Schutzbret herabschösse, hinter
elchem sich das Wasser bis auf die Höhe der Oberflä-
e im Kanal erhielte, und diese Höhe B I scheine der
älfte von B F gleich.

Man kann Hrn. v. Büat die Anmerkung machen,
ß, weil das Wasser auf der ganzen Höhe B F herab-
lt, solches auf dieser ganzen Höhe verschiedene Ge-
windigkeiten erlangen müsse, und man begreift nicht,
rum es erst in I anfangen sollte, eine beträchtliche Ge-
windigkeit zu bekommen, diejenige nämlich, welche
rch den Fall von der Höhe B I bewirkt werden kann.

213. Erfahrungen haben den Hrn. v. Büat ver-
laßt, neue Regeln zu geben. Ich will diese Erfah-
igen als vollkommen richtig annehmen. Die vier er-
i beziehen sich auf den Fall des Wassers aus vollen
hältern; aber bei diesem Ausfluß leidet das Wasser

auf dem Boden und an den Seiten eine Zuſammenziehung. In nachſtehender Tafel enthält die erſte Kolumne die Numern der Beobachtungen; die zwote die durch die Theorie des Gulielmini beſtimmte ausfließende Waſſermenge; die dritte die durch die Beobachtung gefundene Waſſermenge, und die vierte die nach der Gulielminiſchen Theorie gefundene Waſſermenge aber der Zuſammenziehung gemäß berichtigt, unter der Vorausſetzung, daß ſolche den Ausfluß um einen Drittheil vermindere. 1)

185	660 Zoll.	432 Zoll.	440 Zoll.
186	1552	1004	1035
187	2717	1776	1806
188	4754	3110	3170

Das Bett des Kanals war in den Beobachtungen des Hrn. v. Buat auf eine Strecke K M N T (fig. 22.) verſchloſſen, die er nicht beſtimmt; und auf dieſer Fläche befand ſich eine Oefnung, die durch das oberſte Stück R S des Wehrs durch die Oberfläche des Waſſers im Kanal L O, und durch die Grenzlinien O S und R L zwoer an der Seite angebrachten Schutzbreter beſtimmt wurde. Unter dieſer Vorausſetzung nun war es nicht die unmittelbar vor der Oefnung liegende Waſſermaſſe allein, welche ſinken konnte, ſondern auch dasjenige Waſſer, welches an beiden Seiten des Wehrs und unter ſeiner Oberfläche beifloß. *) Ohne Zweifel war die Oefnung

LR

1) Monſ. de Buat. T. I. pag. 201.

*) Die Meinung iſt: man müſſe ſich nicht bloß die paralelopipediſche Waſſermaſſe, deren Querſchnitt die Oefnung

L R S O klein genug in Vergleichung mit der Wand, welche als die ganze Bodenfläche angesehen werden konnte. Auch stimmt der Abfluß, welcher so, als wenn die Oefnung sehr klein gewesen wäre, berechnet, und dann wegen der Zusammenziehung gehörig vermindert worden, mit den wirklichen Beobachtungen sehr nahe zusammen, wie man aus Vergleichung der zusammengehörigen Zahlen der beiden letzten Kolumnen vorstehender Tafel ersehen kann.

214. Hr. v. Büat stellte andere Beobachtungen an, wo die Zusammenziehung an den Seiten wegfiele, und das Wasser über ein Wehr nach der ganzen Breite des Kanals frei abschosse. In nachstehender Tafel enthält die erste Kolumne die Ordnung der Beobachtungen, die zwote den Ausfluß nach der Theorie des Gulielmini, die dritte den Ausfluß nach meiner Theorie, welche in diesem Fall nur halb so viel gibt als die Theorie des Gulielmini, und die vierte den Ausfluß nach der wirklichen Beobachtung. 2)

189	5076 Zoll.	2538 Zoll.	3888 Zoll.
190	3030	1515	2462
191	1476	738	1112
192	410	205	259

nung L R S O ist, sondern die ganze, deren Querschnitt die vordere Wand des Kanals K M N T ist, als fallend gedenken.

2) Tom. I. pag. 206. Tom. II. pag. 115.

215. Bei dieſen Beobachtungen kommt keine Zuſammenziehung vor. *) Hr. v. Büat ſagt nicht, ob ſeh

*) Wenn man aus Beobachtungen die Gulielminiſche Theorie berichtigen will, ſo hat man zu bedenken, daß nicht bloß die in die Augen fallende Zuſammenziehung, ſondern auch die wirkliche Verminderung der mittlern Geſchwindigkeit, welche der Theorie nie ganz gemäß iſt in Betrachtung kommen müſſe. Die Beobachtungen ergeben die Waſſermengen, ſo, wie ſie durch beide Umſtände zuſammengenommen vermindert werden, und wenn man die Waſſerhöhe bis zur tiefſten Stelle der Oefnung H, die der mittlern Geſchwindigkeit nach der Theorie zugehörige Höhe aber h nennt, ſo ſtimmt es mit den Beobachtungen gut genug überein, wenn man überhaupt die wirklich ausfließende Waſſermenge m durch nachſtehende Formel ausdruckt, worin M die Gulielminiſche Waſſermenge, w die Oefnung und W die ganze Fläche worin die Oefnung angebracht iſt, bedeutet:

$$m = \frac{M}{\sqrt{\left(2,3 - \frac{h}{H} \cdot \frac{w}{W}\right)}}$$

Für wagrechte Bodenöfnungen würde $h = H$, alſo

$$m = \frac{M}{\sqrt{\left(2,3 - \frac{w}{W}\right)}}$$

welches mit der Formel (2. Anm. zu §. 24.) übereinſtimmt, nur 2,3 ſtatt 2 geſetzt. Wäre w gegen W unbeträchtlich, ſo wäre ſowohl bei horizontalen als vertikalen Oefnungen

$$m = \frac{M}{\sqrt{2,3}} = 0,66 \cdot M$$

Wen

ſein Kanal wie ein Trapez geſtaltet war. Ich vermuthe es inzwiſchen, und dann würde dieſe Geſtalt etwas zur Vergrößerung des Ausfluſſes beitragen. Eben dieſer Schriftſteller bemerkt, daß, wenn keine Zuſammenziehung von den Seiten vorfällt, der Abfluß größer werden müſſe. Es iſt unmöglich, ſeiner Meinung beizu-

 treten.

Wendet man dieſes auf die Werthe von M in der 2ten Kol. der Tafel §. 213. an, ſo ergibt ſich

ſtatt	660 m	= 0,66 . 660	= 435
—	1552	= 0,66 . 1552	= 1024
—	2717	= 0,66 . 2717	= 1793
—	4754	= 0,66 . 4754	= 3137

wo die Werthe von m denen in der 3ten Kolumne §. 213. ungemein nahe kommen. Der Nenner

$$\sqrt{\left(2,3 - \frac{h}{H} \cdot \frac{w}{W}\right)}$$

wird am kleinſten, wenn $w = W$ und $h = \frac{4}{5} H$ wird, es iſt in dieſem Fall

$$m = \frac{M}{\sqrt{(2,3 - \frac{4}{5})}} = \frac{M}{\sqrt{(2,3 - 0,4444)}}$$
$$= 0,735 \cdot M.$$

dieſes hier §. 214. angewendet, gibt

ſtatt	5076 m	= 0,735 . 5076	= 3730
—	3030	= 0,735 . 3030	= 2227
—	1476	= 0,735 . 1476	= 1084
—	410	= 0,735 . 410	= 301

hier bedeutet nämlich W allemal die Fläche, gegen welche alle von der Oberfläche des Waſſers bis in die Tiefe H herabliegende Theilchen anſtoßen, in derjenigen Wand genommen, in welcher die Oefnung liegt.

treten. Es iſt klar, daß, wenn er ſtärkere Ausflüſſe erhalten hat, ſolche einer andern Urſache zugeſchrieben werden müſſen, die er ſelbſten durch die Tafel, die wir über einige ſeiner Erfahrungen vorlegen werden, und durch die nachfolgenden Ausdrücke (pag. 205.) zu erkennen gibt:

„Wir haben bei unſerm Kanal bemerkt, daß das „Waſſer auf dem Boden hin bis vor das Wehr fortflo„ſe, und, nachdem es gegen ſolches angeprellt, ſich in „die Höhe erhob und über daſſelbe herabſtürzte.„

Es war alſo nicht das höher als das Wehr liegende Waſſer allein, welches abſchoß, ſondern das tiefer liegende trug viel zur Vergrößerung der abſchießenden Waſſermenge bei. Ueberhaupt, wenn die Höhe des Waſſers im Kanal unverändert bleibt, ſo muß der Abfluß deſto beträchtlicher werden, je beträchtlicher die Geſchwindigkeit oberhalb dem Wehr, und je weniger das Wehr über den Boden erhaben iſt. Ich habe dieſe wichtige Bemerkung in meinem Werk gemacht. Wenn die Beobachtungen des Hrn. v. Büat ſollten dienen können, die wahre Waſſermenge anzugeben, welche aus dem freien Fall über ein vollkommenes Wehr herab erfolgte, ſo hätte die Höhe des Wehrs groß genug ſein müſſen, damit der tiefer als die höchſte Fläche des Wehrs gelegene Theil des Waſſers als ſtehend hätte angeſehen werden können. Bei allen Beobachtungen des Hrn. v. Büat war die Höhe des Wehrs einerlei, und man kann bemerken, daß der Abfluß um ſo viel geringer ausfiele, je ſchwächer die Geſchwindigkeit im Kanal war. Das Reſultat der erſten Beobachtung übertrifft das Reſultat meiner Theorie

nie um einen Drittheil, und bei der vierten Beobachtung beträgt dieſer Unterſchied nur einen Fünftheil. Ich zweifle gar nicht, daß, wenn die Bedingungen, welche meine Theorie erfodert, genau eintreten, ſolche durch die Erfahrungen des Hrn. von Büat unmittelbar beſtätigt wäre.

216. Ich habe geſagt, daß gleichwohl die Erfahrungen des Hrn. v. Büat zum Beweis meiner Theorie dienen können. Ich habe angemerkt, daß man, bei Beſtimmung der bei dem Ausgang eines wagrechten Kanals frei herabſchießenden Waſſermenge, durch Anbringung eines Wehrs, das unter P F befindliche Waſſer ſtehend machen müſſe. Bei den Beobachtungen des Hrn. von Büat trugen dieſe untern Waſſer dazu bei, den Abfluß zu vergrößern. Kennte man ihre Geſchwindigkeit, ſo wüßte man, wie viel ſie zu dieſer Wirkung beigetragen haben, und man würde durch einen Abzug die einzelne Waſſermenge beſtimmen, welche durch den freien Fall des über P F befindlichen Waſſers geliefert würde. Es hat aber Hr. von Büat dergleichen hierin gehörige Beobachtungen nach der 191ten (pag. 120. T. II.) angeſtellt, die wir in nachſtehender Tafel mittheilen.

Die Tiefe des Waſſers im Kanal innerhalb dem Waſſerſchutz.	Die oberhalb dem Waſſerſchutz durchlaufenen Räume.	Die Anzahl derer beim Durchlaufen neben ſtehender Räume verfloſſenen Sekunden.		Geſchwindigkeit des Waſſers im Kanal für eine Sekunde.	
		auf der Oberfläche.	auf dem Boden.	auf der Oberfläche.	auf dem Boden.
4 Zoll 8 Linien.	0 Lachter.	0 Sek.	0 Sek.	0 Zoll.	0 Zoll.
4 5	2	8	14½	18	9,93
4 6	2	8	14½	18	9,93
4 7	1	8	16	18	9
4 9½	1	8	16	18	9
5 0	1	9½	17	15,15	8,47
5 5	1	9½	17	15,15	8,47
5 6	1	9½	18	15,15	8
5 8½	1	9½	18	15,15	8
5 9	1	11	19	13,09	7,57
6 0	1	11	19	13,09	7,57
6 1	1	11	20	13,09	7,2
6 2	1	11	20	13,09	7,2
6 4	1	12	20½	12,0	7,02
6 6½	1	12	20½	12,0	7,02
6 9	1	13	23½	11,07	6,12

217. Wir wollen die ziemlich nahe bei dem Waſſchuß angeſtellte Beobachtung anwenden, wo die Tiefe s Waſſers im Kanal 7 Zoll 3 Linien beträgt. Die he der Schußwand beträgt 4 Zoll 1 Lin., die Gewindigkeit des Waſſers nahe am Boden DC iſt 5,76, ll oder $5\frac{3}{4}$ Zoll, die Breite der Schußwand $17\frac{1}{2}$ Zoll; unter PF fortfließende Waſſermenge läßt ſich alſo rch $17\frac{1}{2} \bowtie 5\frac{3}{4} \bowtie 4 = 402$ Kubikzolle ausdrücken; ſe von 1112 abgezogen, gibt den ganzen Abfluß der 1ten Beobachtung; es bleiben nämlich 710 Kubikzoll r die oberhalb PF fortfließende Waſſermenge. *) Es aber dieſe Zahl mit der, welche meine Theorie gibt, inahe einerlei.

Hr. v. Büat hat durch ſehr viele Erfahrungen, ſor bei rechtwinklichten und ſehr regulären Kanälen, beieſen, daß die Geſchwindigkeit von der Oberfläche bis m Boden herab merkbar abnehme.

Wie läßt ſich aber dieſe ganz bekannte und unſtrit richtige Beobachtung mit der Regel vereinigen, welche dieſer Schriftſteller gegeben hat, die Waſſermenge berechnen, welche am Ende eines wagrechten Kanals i abſchießen kann?

218. So oft ich Schußbreter angebracht habe, um e Querſchnitte der Kanäle dadurch zu ſchmälern, habe allemal bemerkt, daß dieſe Kanäle in einer ſehr gengen Entfernung unter der Stelle, wo ich die Schußbreter

*) Genauer iſt die Waſſermenge unter PF = $17\frac{1}{2} \cdot 5{,}76 \cdot 4\frac{1}{12} = 410{,}88$, welches von 1112 abgezogen 701,12 ſtatt 710 Kubikzoll läßt. Des Hrn. Verf. Theorie gab aber (S. 214.) 738 Kubikzoll.

$\frac{9ab^2}{4v^2}$, und endlich $x = \sqrt[3]{\frac{9ab^2}{4v^2}}$, welches die verlangte Höhe ist.

Man verfährt nach denen (§. 158.) vorgetragenen Lehren, um die Geschwindigkeit zu bestimmen, welche man bei der gegebenen Verhältniß der Oefnung zu der ganzen Bodenöfnung gebrauchen muß; dieses muß vorzüglich dann beobachtet werden, wann die Oefnung in Vergleichung mit dem Boden sehr groß ist.

Bemerkung.

221. Gedenkt man sich eine Linie wagrecht, und von dem Punkt, zu dem sich der Wasserspiegel nahe bei der Schußwand erhebt, dem Kanal hinauf gezogen, so zeigt die Stelle, wo diese Linie die Oberfläche des Wassers, welche vor der Einsetzung der Schußwand vorhanden war, trifft, die größte Entfernung, in der sich die Anschwellung wahrnehmen läßt. Diese Bestimmung würde in aller Strenge richtig sein, wenn das Wasser von der Schußwand an aufwärts genommen wagrecht wäre; da solches aber allemal einige Abneigung behält, wenn die mittlere Geschwindigkeit sehr klein wird, so kann sich die Stauung noch etwas über den von uns angegebenen Punkt hinaus erstrecken.

222. Wenn man eine Schußwand so eingesetzt hat, daß alles Wasser, welches der Kanal gibt, frei abschießen kann, und nun in einer gewissen Entfernung darüber eine zwote Schußwand anbrächte, welche den Kanal eben so versperrte, so würde die Wasserhöhe oberhalb der untern Schußwand gar nicht abgeändert, weil man voraussetzt, daß die Oefnung nun diejenige Weite habe, welche

welche zum Abfluß alles Waſſers, welches der Kanal liefert, erfoderlich iſt. Werden ſich aber oberhalb der obern Schutzwand eben ſolche Erſcheinungen äußern, als wann nur eine einzige Schutzwand vorhanden wäre?

Es iſt klar, daß unter ſonſt gleichen Umſtänden die Stauung längſt der ganzen Strecke zwiſchen beiden Schutzwänden ſich höher erheben muß; auch iſt klar, daß, wenn von der obern Schutzwand bis zur untern die Abneigung ſo beſchaffen iſt, daß das Waſſer frei durch die obere Oefnung durchſchießen kann, alsdann die untere Schutzwand keine Veränderung in dem Verhalten des Waſſers über der obern verurſachen kann; wenn aber in dem Raum zwiſchen beiden Schutzwänden das Waſſer Hinderniſſe findet, die es nicht frei durch die Oefnung an der obern Wand abſchießen laſſen, ſo wird ich alsdann das Waſſer von dieſer Schutzwand dem Kanal hinauf mehr erhöhen, als wenn die untere nicht angebracht wäre. Kennt man die natürliche Höhe des Waſſerſpiegels, welche unterhalb der Oefnung an der obern Schutzwand durch die Hinderniſſe bewirkt wird, ſo kann man die Höhe, zu der ſich das Waſſer oberhalb erhebt, leicht beſtimmen.

223. Wenn das Waſſer vor der Einſetzung der Schutzwand, im Kanal diejenige mittlere Geſchwindigkeit hätte, welche der freie Fall von der Höhe des Waſſerſtands bewirken könnte, ſo wäre es leicht, bei Einſetzung, welche den Querſchnitt des Kanals um eine gegebene Größe verminderte, die Höhe, zu der ſich das Waſſer erheben würde, zu beſtimmen (§. 220.); wenn aber in einem Kanal, wo die mittlere Geſchwindigkeit derjenigen gleich wäre, welche durch den freien Fall von der

Höhe des Waſſerſtands bewirkt würde, ſchon eine Schuzwand angebracht wäre, und nun über ſolcher eine andere aufgeſtellt würde, ſo wäre das eben ſo viel, als wenn ſolche nicht vorhanden wäre, und das Waſſer im Kanal eine Geſchwindigkeit hätte, welche kleiner wäre als diejenige, welche der freie Fall von der Höhe des Waſſerſtands hervorbrächte. In dieſem Fall aber kann man allemal den Kanal (§. 220.) ſo weit verſperren, daß das durch den verkleinerten Querſchnitt frei abſchießende Waſſer eben die Waſſermenge gibt, wie der Kanal.

224. Wenn der Kanal und die Breite der Schuzwände ungeändert bleiben, die Geſchwindigkeit des Waſſers aber größer wird, ſo muß ſich die Stauung weiter ausbreiten, und der Waſſerſpiegel oberhalb den Schuzwänden muß höher ſteigen. Weil nämlich der Ausfluß durch die Oefnung der im Kanal fortfließenden Waſſermenge gleich ſein muß, ſo muß die Größe der Oefnung zunehmen, ſo wie die Waſſermenge beträchtlicher wird, und da ihre Breite durch die Stellung der Schuzwand beſtimmt wird, ſo muß ihre Höhe nothwendig größer werden.

225. Wir haben bei unſerm ganzen Vortrag vorausgeſezt, daß das gegen die Schuzwand fließende Waſſer nicht über ſolche hinausſteigen können; wenn aber das beifließende Waſſer zum Theil oder ganz über die Schuzwand wegſchießen könnte, ſo würde ſich das Waſſer auf eine um ſo viel kleinere Strecke rückwärts ſtauen, je mehr ſich die Geſchwindigkeit derjenigen näherte, bei welcher ſich alles Waſſer über die Schuzwand erhöbe; und wenn dieſes ſtatt fände, ſo verſchwände die Stauung ganz, und die Geſchwindigkeit könnte nachher unendlich

sich wachsen, ohne daß dieser Erfolg eine Veränderung litte.

226. Zweeter Fall. Wenn man die Höhe des Kanals vermindert, indem man ihn nach seiner ganzen Breite von oben herab versperrt.

Wir setzen nothwendig voraus, daß die Oefnung, welche man unter der Schutzwand läßt, nachdem man den Kanal nach seiner ganzen Breite versperrt hat, kleiner als diejenige ist, welche das Wasser nöthig hätte, um ganz frei abzuschießen. Sobald aber nicht mehr alles von der Oefnung ankommende Wasser durch solche frei fortschießen kann, so muß sich der Wasserspiegel um so viel mehr erheben, und die Stauung auf eine um so viel beträchtlichere Strecke sichtbar werden, je kleiner die gelassene Oefnung, je größer die Geschwindigkeit des Wassers, und je unmerklicher der Abhang des Kanals ist.

227. Wäre die Wassermenge, welche ein Kanal liefert, und der natürliche Stand dieser Wasser bekannt, und nun die Höhe dieses Kanals mittelst einer nach der ganzen Breite angebrachten Schutzwand versperrt würde, so ließe sich die Höhe, zu welcher der Wasserspiegel bei der Schutzwand steigen würde, nach denen oben vorgetragenen Lehren (§. §. 15. 137 u. f. f.) bestimmen.

228. Dritter Fall. Wenn man den Kanal von unten hinauf nach seiner ganzen Breite versperrt.

Wenn man den Kanal durch eine wagrechte *) Schutzwand gänzlich versperrt, so macht man eine Art von Wehr, vor welchem das Wasser zuerst anschwillt und

*) Sollte ohne Zweifel heißen: lothrechte.

und dann überschießt. Die Höhe, zu der sich das Wasser zunächst vor der Schutzwand erhebt, läßt sich leicht bestimmen.

Wenn man in einem Kanal, dessen Breite 20 Zoll, die Höhe 6 Zoll und die mittlere Geschwindigkeit 20 Zoll in einer Sek. beträgt, auf den Boden eine 12 oder 14 Zoll hohe Schutzwand setzt, und nun die Höhe sucht, welche das Wasser oberhalb der Schutzwand annehmen muß, damit der von seinem Fall herrührende Abfluß so groß werde, als die im Kanal fortfließende Wassermenge, so will ich diese noch unbekannte Höhe durch x ausdrucken, und finde nun durch eben dergleichen Schlüsse, wie im ersten Fall, für ihren Werth den nämlichen Ausdruck $x = \sqrt[3]{\frac{9ab^2}{4v^2}}$. Substituirt man nun im gegenwärtigen Beispiel, nach der im ersten Fall erklärten Bedeutung der Buchstaben, $b = \frac{2400}{20} = 120$; $b^2 = 14400$; $\frac{a}{v^2} = \frac{5}{900}$, in der Formel für x, so erhält man $x = \sqrt[3]{180} = 5$ Zoll und beiläufig 8 Lin.; hiervon $\frac{4}{5}$ genommen, gibt 2 Z. und beiläufig 6 Lin. Die dieser Fallhöhe zugehörige Geschwindigkeit beträgt 3 Fuß 6 Z. 5 Lin.; hiervon die Hälfte genommen (§. 159.), macht $21\frac{1}{4}$ Zoll; diese $21\frac{1}{4}$ Zoll, welche die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in 1 Sek. ausdrucken, multiplicire ich endlich mit 5 Fuß 8 Lin., welches sehr nahe 120 gibt. Ich würde diese Zahl ganz genau erhalten haben, wann ich die Brüche alle genau in Rechnung gebracht hätte.

229. Es ſei N A E (fig. 40.) der Boden von dem Bette eines Kanals. Wir ſetzen voraus, daß die Bewegung nach der ganzen Länge N E gleichförmig, folglich alle Höhen M N, A B, D E gleich groß, und diese Geſchwindigkeit wenigſtens ſo groß als diejenige ſei, welche der freie Fall von der Höhe A B verurſacht; errichtet man einen Damm F E, und füllt hierauf den Raum E A F, welchen die Horizontallinie F A das alte Bett und den Damm begrenzen, genau aus, ſo wird alsdann das in A anlangende Waſſer, weil es hier ein geringeres Gefälle findet, von ſeiner Geſchwindigkeit verliehren. Die Querſchnitte müſſen alſo anfangen aufzuſchwellen, und ihre Höhe muß über der Stelle A am größten werden. Uebrigens kann dieſe Vergrößerung der Höhe niemalen ſehr beträchtlich werden, und es wird ſogar ſehr ſelten ſein, daß man ſie nur ſchätzen kann.

230. Wenn man ſich den Raum A E F nicht als ausgefüllt, ſondern als leer gedächte, ſo würde er ſich ſogleich mit Waſſer anfüllen; und wenn die Geſchwindigkeit dieſes Waſſers ſehr klein wäre, ſo würde der Abfluß oberhalb dem Damm eben ſo erfolgen, als wann der Raum E A F ausgefüllt wäre. Denn wenn das Waſſer, wie vorausgeſetzt wird, eine nur geringe Geſchwindigkeit hätte, ſo könnte derjenige die oberſte Stelle des Damms läge, durch die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers in der C F zu beſtimmen, zu der das Waſſer über nämlich alles im Kanal fortfließende Waſ-

ſer abſchließen könnte. Es iſt klar, daß dieſe Höhe deſto geringer ausfallen würde, je geringer die Geſchwindigkeit in M N oder B A wäre. Man ſieht alſo, daß eben ſo, wie man zuweilen die Breite des Kanals beträchtlich vermindern kann, ohne daß daraus eine merkliche Stauung des Waſſers erfolge, das nämliche durch Verminderung der Tiefe bewirkt werden könne.

231. Hätte aber das Waſſer im Kanal eine Geſchwindigkeit, ſo groß oder noch größer als diejenige, welche durch den Fall von der Höhe F E erlangt werden könnte, und man ſtellte ſich vor, daß die innere Wandfläche des Damms nach einer krummen Linie F O gekrümmt wäre, ſo würde das Waſſer ſeine Geſchwindigkeit bis in O behalten; hiernächſt würde es ſich längſt O F vermöge dieſer Geſchwindigkeit erheben, und über den Damm hinab ſtürzen. Die Stauung würde alsdann nicht über die Stelle O hinausgehen.

Wäre die Geſchwindigkeit kleiner; wäre ſie z. B. nur ſo groß als diejenige, welche der Höhe F S zugehörte, ſo gedenke man ſich eine krumme Fläche oder nur eine ſchiefe Ebene, die ſich in I endigte, wo die Horizontallinie S I dem Boden A I begegnet; da nun das hier ankommende Waſſer eine Geſchwindigkeit hätte, vermöge der es bis über der Stelle F ſteigen könnte, ſo wäre die Stauung merklich.

Je geringer die Geſchwindigkeit würde, deſto weiter wäre der Anfang der Stauung von dem Damm entfernt; niemalen aber würde ſie von dem Damm entfernt A ausbreiten, wo die durch die oberſte über die Stelle gehende Horizontallinie F A dem Boden des Damms des Kanals begegnet.

232.

232. Je kleiner der Winkel iſt, welchen der Bo
n N A E mit dem Horizont macht, deſto länger wird
enbar die Linie F A, d. i. um ſo viel weiter ſtaut ſich
s Waſſer vom Damm zurück.

Gedenkt man ſich den Raum F A E ausgefüllt, ſo
klar, daß, wenn das Waſſer in M N, B A eine dem
ien Fall durch M N oder B A zugehörige Geſchwin-
gkeit hätte, oder eine noch größere, das Waſſer von
bis F einerlei Höhe haben würde.

Dieſes würde ſich aber in dem Fall nicht ſo verhal-
, wo der zwiſchen dem Bodenſtück A E und dem
amm enthaltene Raum nicht ausgefüllt wäre. Wenn
s Waſſer eine hinlängliche Geſchwindigkeit hat, um
er den Damm hinauszuſteigen, ſo würde ſeine Ober-
che bis nahe vor den Damm in der Richtung B D fal-
, und alsdann erſt von ihrer Richtung abgelenkt wer-
. Je geringer die Geſchwindigkeit des Waſſers im
mal iſt, deſto genauer fällt ſeine Oberfläche B D mit
C zuſammen.

233. Wenn auf einen gradlinigten Boden N A ein
gehöhlter A P O folgte, und nun das Waſſer bei ſei-
Ankunft in der tiefſten Stelle dieſer Höhle A P O
e hinlängliche Geſchwindigkeit hätte, um bis zur Hö-
des Damms hinaufzuſteigen, ſo würde die Oberfläche
ſer flüßigen Maſſe eine dem Boden ähnliche Krüm-
ng annehmen.

234. Man hat behauptet, daß, wenn das Waſ-
über einen Damm frei herabſtürzte, die Beſchleuni-
g, welche es litte, denen weiter oben liegenden The-
mitgetheilt würde; es iſt aber leicht einzuſehen, daß
hes ungereimt iſt. Es iſt nämlich gewiß, daß, wenn

ſchwindigkeit nach der erſten Richtung des Kanals wäre, deſtomehr müßten die an der Seite angebrachten Oefnungen diejenigen übertreffen, welche in der Richtung des Kanals liegen, um eben ſolche Waſſermengen zu erhalten.

Es ſei P Q (fig. 42.) ein Kanal, woran man eine Seitenöfnung A M = S O angebracht habe. Iſt z. B. die Geſchwindigkeit des Waſſers im Kanal dreimal ſo groß als diejenige, welche die wirkliche Höhe der Querſchnitte verurſachen könnte, ſo würde das Waſſer in A M zum höchſten die Geſchwindigkeit annehmen, welche der freie Fall von der Höhe der Querſchnitte verurſachen könnte; es würde alſo durch S O zum wenigſten zweimal mehr Waſſer durchgehen, als durch den Seitenkanal, obgleich die zuſammengehörigen Abmeſſungen gleich groß ſind.

Es iſt gewiß, daß das Wandſtück A M, ehe es weggenommen wurde, eben den Druck litte, als wenn das Waſſer in dem Kanal ruhig geſtanden hätte; (§. 191.) ſobald man aber die Oefnung macht, folgt das Waſſer nicht ganz frei dieſem Seitendruck, weil es von zwo Geſchwindigkeiten zugleich, der nämlich von dem Druck herrührenden und derjenigen, welche es längſt dem Kanal hat, getrieben wird.

237. Wenn aber, wie es ſehr gewöhnlich iſt, die mittlere Geſchwindigkeit in einem Kanal derjenigen gleich wäre, welche dem freien Fall von der Höhe der Querſchnitte zugehörte, oder wenn ſie noch geringer wäre, ſo würde alsdann durch die Seitenöfnung eine von der Weite der Oefnung abhängende Waſſermenge durchgehen. Kennt man alſo die Breite der Oefnung und die mittlere Geſchwindigkeit im Kanal, und kann das Waſſer eben

ſo

so frei durch die Oefnung abschießen als durch den Kanal, so kann man die Höhe, welche das Wasser unterhalb der Oefnung erreichen wird, leicht aus der Voraussetzung bestimmen, daß es die nämliche mittlere Geschwindigkeit beibehalte.

238. Es ist klar: wenn die Oefnung A M in Vergleichung mit der Breite des Kanals sehr breit ist, so könnte das Wasser nicht nach der ganzen Breite A M einerlei Höhe haben; seine größte Höhe würde sich nahe bei M befinden, und dieser Erfolg wird um so viel merklicher sein, je geringer die mittlere Geschwindigkeit in dem ersten Kanal ist.

239. Man versperrt zuweilen die Kanäle durch Dämme, und verursacht hierdurch eine Stauung, wodurch auf der ganzen Strecke, über welche sich solche ausbreitet, die mittlere Geschwindigkeit vermindert wird. Wenn man auf der Strecke, wo sich die Stauung bemerken läßt, gleich große Seitenöfnungen anbringt, durch welche das Wasser frei abschießen kann, so muß durch diejenigen, welche weiter aufwärts liegen, mehr Wasser abschießen, weil bei solchen der Widerstand eine größere Höhe hat.

240. Wenn die mittlere Geschwindigkeit in einem Kanal größer, als sie durch die Höhe der Querschnitte bewirkt werden könnte, oder eben so groß ist, so mag man die Breite des Kanals unter irgend einer Stelle A wie man will vergrößern, man wird doch dadurch die Höhe des Wassers dem Fluß hinaufwärts nicht verkleinern; wenn aber die mittlere Geschwindigkeit kleiner als diejenige ist, welche der freie Fall von der Höhe der Querschnitte bewirken könnte, so kann man dadurch, daß man die Breite des Kanals in A vergrößert, und den

Abfluß

regulären Kanal, und worin die Oberfläche des Waſſers keinen merklichen Abhang hat, welches bei großen Flüſſen, zumal wenn ſie ſich ihrer Mündung nähern, etwas gewöhnliches iſt, die Geſchwindigkeit nach der ganzen Höhe der Querſchnitte, die Reibung beiſeit geſetzt, gleich groß iſt.

Wenn alſo die Rede davon iſt, die Waſſermenge zu beſtimmen, welche ein regulärer Fluß liefert, deſſen Lauf in bleibendem Stand iſt, und deſſen Oberfläche ober- und unterhalb der gewählten Stelle eine einzige Ebene ausmacht, ſo darf man ja nicht nach der Vorausſetzung rechnen, daß die Geſchwindigkeit von der Oberfläche herab gegen den Boden zu wachſe. Um die Grenze für die größte Waſſermenge, welche der Fluß geben kann, zu erhalten, muß man die Fläche des Querſchnitts mit der Geſchwindigkeit des Waſſers an der Oberfläche multipliciren.

143. Wenn man auch den Lauf eines Fluſſes durch Schutzwände unterbricht, und in den Querſchnitten bei dieſen Schutzwänden einen freien Abfall macht, ſo dürfte man nicht die Methode des Gulielmini gebrauchen, um die mittlere Geſchwindigkeit zu finden. Wir haben (§. 159.) gezeigt, daß ſeine Reſultaten doppelt ſo groß ſind als ſie ſein ſollten.

244. Wir haben endlich (§. 194.) angemerkt, daß das Waſſer bei ſeinem Eintritt und Fortgang in horizontalen Kanälen eine größere Geſchwindigkeit haben kann, als diejenige, welche der freie Fall von der Höhe der Querſchnitte bewirken könnte. Man ſieht, daß in dieſen Fällen, welche ſehr vielfach ſein können, die Methode

thode des Gulielmini nicht gebraucht werden könnte, wenn sie auch sonst genau wäre. *)

Hrn. Pitots gebogene Röhre.

245. (fig. 44.) Dieses Werkzeug, dessen Einrichtung und Gebrauch man in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften vom Jahr 1732. beschrieben findet, besteht aus einer umgebogenen gläsernen Röhre, die man fest genug an ein Stück Holz befestigt, und neben welcher man ein eisernes oder kupfernes Maas, das in Fuße, Zolle, Linien abgetheilt ist, anbringt.

Die Geschwindigkeit des Wassers kann überall an jeder Stelle von dem Querschnitt eines Flusses so angesehen werden, als ob sie durch den freien Fall von einer gewissen Höhe entstanden wäre, und es könnte also das Wasser bis zu eben der Höhe steigen, welche der Geschwindigkeit gemäß angenommen wird. Nach diesem Satz stellt man das Werkzeug lothrecht, so daß die Oefnung A gegen den Strohm gekehrt ist, und schließt aus der Höhe M, bis zu der das Wasser steigt, auf die Geschwindigkeit des Wassers an der Stelle, wo die Oefnung A angebracht ist. Man hat angemerkt, daß dieses Werkzeug, ob es gleich so einfach ist, dennoch zum Gebrauch weder Bequemlichkeit noch Sicherheit genug gewährt, eines Theils wegen der Schwierigkeit, ihm die gehörige feste Stellung zu geben, und andern Theils wegen der Reibung, welche das Wasser beim Aufsteigen darinnen leidet.

Qua-

*) Eigentlich ist der hier beschriebene Regulator schon unter diesem Namen zuerst von Castelli vorgeschlagen worden. s. Hrn. Hofrath Kästners Hydrod. S. 220 — 226.

Quadrant.

246. (fig. 45.) Man gebraucht auch den Quadrant, um die Geschwindigkeit fließender Wasser zu messen. Man befestigt nämlich an seinem Mittelpunkt zween Fäden, wovon der eine mittelst eines Gewichts P in einer lothrechten Lage erhalten werden soll; den andern macht man länger, und bringt an seinem Ende gleichfalls ein Gewicht an, das specifisch schwerer als Wasser ist. Wann man sich dieses Werkzeugs bedienen will, so gibt man ihm eine feste Stellung, so daß seine Fläche vollkommen lothrecht, und nach der Richtung des Stroms gerichtet sei; den Faden C H läßt man in das Wasser herabhängen, da ihn dann der Fluß nöthigen wird, von der Vertikallinie abzuweichen. Nun drucke man das beständige Gewicht F des am Ende des Fadens angebundenen Körpers, welcher sich unter dem Wasser befinden muß, durch die lothrechte Linie K E aus, und verzeichne das Parallelogramm K L H I so, daß die Seiten K L, K I mit der Oberfläche X R des Wassers und der Richtung C H des Fadens gleichlaufend sein. Von den beiden Kräften, in welche K H zerlegt ist, wird die eine H L aufgehoben, und die andre K L druckt die Gewalt des Flusses aus. Aus mechanischen Gründen weiß man, daß die Kraft $KL = F \times \frac{\text{Sin. KHL}}{\text{Sin. KLH}}$.

Es ist klar, daß für eine andere Lage des Fadens, z. B. CM, die Gewalt des Flusses $OQ = F \cdot \frac{\text{Sin. OMQ}}{\text{Sin. MQO}}$,

also $KL : OQ = \frac{\text{Sin. KHL}}{\text{Sin. KLH}} : \frac{\text{Sin. OMQ}}{\text{Sin. MQO}}$; und

wenn

wenn man vorausſetzt, daß die Oberfläche des Fluſſes in der Gegend, wo man das Werkzeug gebraucht, mit dem Horizont gleichlaufend ſei, ſo wird H K ſenkrecht auf K L, und M O auf O Q. Betrachtet man aber H K = M O als den Sin. tot., ſo ſind K L und O Q die Tangenten der Winkel K H L, O M Q, welche denen Winkeln gleich ſind, welche die Fäden C H, C M mit der lothrechten Linie C P machen. Folglich verhalten ſich die Kräfte des fließenden Waſſers unter einander, wie die Tangenten der Winkel, welche die Fäden mit der lothrechten Linie machen.

Wenn die Verhältniß der Kräfte zweener verſchiedener Flüſſe bekannt iſt, und man vorausſetzt, daß ſich die Gewalt des Waſſerſtoßes gegen einerlei Körper wie das Quadrat der Geſchwindigkeit verhält, ſo kann man aus der Geſchwindigkeit, welche man in einem Fall durch Anwendung eines Quadranten durch die Erfahrung gefunden hat, die Geſchwindigkeit, welche das Waſſer in einem andern Fall haben wird, durch eine Proportion beſtimmen.

Man hatte den Quadranten für dienlich erachtet, die Geſchwindigkeit des Waſſers in verſchiedenen Tiefen zu meſſen. Wenn aber in den Kanälen und regulären Flüſſen die Geſchwindigkeit in jeder Tiefe der Querſchnitte gleich groß iſt, ſo iſt es alsdann unnöthig, dieſes Werkzeug zu gebrauchen; und wo man einen freien Abfall hat, und die Geſchwindigkeit des Waſſers augenſcheinlich mit der Tiefe unter dem Waſſerſpiegel zunimmt, da verſtatten die Waſſerſtöße dem Faden C H keine unveränderliche Lage; es iſt übrigens beinahe unmöglich, dem Quadrant bei Flüſſen von einiger Beträchtlichkeit

die erforderliche genaue feſte Stellung zu geben; man kann alſo den Winkel, welchen der Faden C H mit der lothrechten Linie C P macht, nicht mit einiger Genauigkeit meſſen. Wenn endlich der Körper H, am Ende des Fadens, nur die ſpecifiſche Schwere des Waſſers hat, ſo wird er beſtändig hin und her ſchwingen; und wenn ſeine ſpecifiſche Schwere zu groß iſt, ſo iſt er für kleine Veränderungen in der Geſchwindigkeit nicht empfindlich genug. Aus dieſem allem erhellet, daß der Quadrant zu Meſſung der Geſchwindigkeit des Waſſers untauglich iſt. *)

Schwimmende Körper.

247. Körper, welche auf dem Waſſer ſchwimmen, vorzüglich wenn ſie ſich vermöge ihrer ſpecifiſchen Schwere beinahe ganz untertaugen, nehmen ſehr bald die Geſchwindigkeit des Waſſers an; man kann alſo auch kein einfacheres und richtigeres Mittel gebrauchen, die Geſchwindigkeit eines Fluſſes zu meſſen.

Da man weiß, daß, wenn das Bett eines Fluſſes oder Kanals regulär iſt, die Geſchwindigkeit des Waſſers, ſeine Reibungen beiſeit geſetzt, in jeder Tiefe der Querſchnitte gleich groß iſt; 1) ſo ſtellt die Geſchwindigkeit

*) Aber welches Werkzeug entſpricht dieſer Abſicht ſo ganz vollkommen? die hier erwähnte oder die noch vorzüglichere Methode des Manfredi kann in der That ganz gute Dienſte leiſten. ſ. Hrn. Hofr. Käſtners Hydrod. S. 199 — 211.

1) Hr. v. Büat hat aus einer Menge angeſtellter Beobachtungen in regulären Kanälen geſchloſſen, 1) daß die Größe des Betts ſo wenig als die des Gefälles auf die Verhältniß

keit an der Oberfläche zugleich die mittlere Geschwindigkeit vor; und wenn man solche mit der Größe der Quer-

hältniß der Geschwindigkeiten an der Oberfläche und am Boden einigen Einfluß haben. Insofern die mittlern Geschwindigkeiten die nämlichen bleiben, oder die an der Oberfläche unveränderlich ist, findet man auch die am Boden unveränderlich, ohne daß die Tiefe des Wassers oder die Größe des Querschnitts dabei einige Veränderung hervorbringen. 2) Daß die mittlere Geschwindigkeit in einem regulären Kanal die mittlere arithmetische ist zwischen der Geschwindigkeit an der Oberfläche und der am Boden. Wenn die Geschwindigkeit an der Oberfläche bekannt ist, so findet man die am Boden durch nachstehende Regel: Man ziehe, aus der für eine Sekunde in Zollen ausgedruckten Geschwindigkeit an der Oberfläche, die Quadratwurzel, und ziehe 1 davon ab; den Rest quadrire man, so hat man die Geschwindigkeit am Boden des Betts. Es sei z. B. die Geschwindigkeit an der Oberfläche = 25 Zoll in 1 Sek., hieraus ist die Quadratwurzel 5; diese um 1 vermindert, und den Rest 4 quadrirt, gibt 16 Zoll für die Geschwindigkeit des Wassers am Boden. Principes d'hydraulique part. I. pag. 91. *)

*) Es sei also die Geschwindigkeit an der Oberfläche = c, so ist nach Hrn. v. Buat die am Boden = $((\sqrt{c}) - 1)^2$, also die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts = $\frac{c + ((\sqrt{c}) - 1)^2}{2}$, folglich wenn die Fläche des Querschnitts b heißt, die Wassermenge, welche der Kanal in 1 Sek. gibt, = $b \cdot \frac{c + ((\sqrt{c}) - 1)^2}{2}$. wo aber b und c in Zollen ausgedruckt werden müssen, also die Wassermenge sich auf Kubikzolle bezieht.

Querſchnitte multiplicirt, ſo beſtimmt das Produk
Waſſermenge, welche der Fluß oder der Kanal
wenn man übrigens den Widerſtand des Bodens
der Wände beiſeit ſetzt.

Es iſt klar, daß, wenn der Fluß oder der K
kein reguläres Bett hätte, man darin eine Menge
verſchiedener Ströhme entdecken würde. Beſtänd
Boden aus ungleichem Geſteine, oder wäre er
die Seitenwände mit Pflanzen bewachſen, ſo würd
Geſchwindigkeit in der Nähe der Hinderniſſe, die i
Weg wären, abnehmen. Auch iſt offenbar, daß,
das Bett plötzlich enger würde, das Waſſer an
Stelle die Wirkung eines Falls leiden, und alsdan
Geſchwindigkeit in den tiefern Stellen der Querſch
größer werden müßte. Aber in allen dieſen Fällen
te man die mittlere Geſchwindigkeit des Fluſſes ode
Kanals nicht beſtimmen, ſo lange man nicht alle ei
nen Geſchwindigkeiten der verſchiedenen ſich im Fluß
einander unterſcheidenden Ströhme kennte; man
alſo die Unmöglichkeit, unter dieſen Umſtänden die
lere Geſchwindigkeit zu erfahren. Man hat nur
Mittel, hierin zum Zweck zu kommen. Das erſt
ſteht darin, das Bette des Fluſſes oder des Kanals
eine gewiſſe Strecke regulär zu machen; die Geſch
digkeit wird nun auf dieſer Strecke ziemlich gleichfö
werden. Da es bekannt iſt, daß der Boden, wen
gleich eben iſt, dennoch die Bewegung des Waſſers
zögert, ſo kann man ſtatt eines einzigen ſchwimmen
Körpers zwo Wachskugeln von gleicher Größe gebrau
die man mittelſt eines Fadens, deſſen Länge beiläufig
Höhe der Querſchnitte gleich iſt, mit einander verbin
in die Mitte derjenigen Kugel, welche nahe über

oden weggehen ſoll, bringt man kleine Steine; doch uß man ſich in Acht nehmen, ſolche nicht zu ſchwer zu ma- en, daß ſie ganz auf den Boden herabhänge. Auf lche Art druckt die Geſchwindigkeit beider Kugeln die ittlere Geſchwindigkeit ſo genau aus, als man verlan- n kann, 2) wofern nur die Kugeln nicht zu nahe an n Seitenwänden angebracht werden.

Das zweite Mittel, welches ſich bei Kanälen und inen Flüſſen ſehr gut anwenden läßt, beſteht darin, ß man das Bett dieſer Flüſſe oder Kanäle mit Schuß- inden beträchtlich erhöht, ſo daß das Waſſer dem Ka- l aufwärts anſchwellen, und an der Stelle, wo die chutzwände angebracht ſind, frei herabſtürzen könne. er Oefnung kann man eine rechtwinklichte viereckigte eſtalt geben. Weiß man die Höhe, zu der ſich das aſſer über den Boden der Oefnung erhebt, ſo nimmt an davon $\frac{4}{5}$, ſucht die dieſer Fallhöhe zugehörige Ge- windigkeit, und nimmt hiervon die Hälfte (§. §. 159. 28.); das Produkt aus dieſer Hälfte in die Fläche des nſtlichen Querſchnitts, welcher durch die Schutzwände tſteht, gibt die Waſſermenge, welche der Kanal oder r Fluß liefert.

2) Da ich färbende Materien in reguläre Kanäle ſchüttete, bemerkte ich, daß ſie Geſchwindigkeiten von merklicher Verſchiedenheit annahmen, zum Beweis, daß das Waſſer in dieſen Kanälen wirklich nicht einerlei Geſchwindigkeit hatte. Ich bemerkte auch an dieſen Materien nahe an den Wänden und am Boden eine langſamere Bewegung, und daß es allemal eine gewiſſe Stelle gab, wo das Waſſer den ſtärkſten Schuß hatte. Alles dieſes beweißt, daß ſich die mittlere Geſchwindigkeit, ſelbſt in regulären Kanälen, nur näherungsweiſe finden läßt.

Drittes Kapitel.

Von den Flüſſen.

Erſter Abſchnitt.

Von Entſtehung der Flüſſe.

248.

Die größten Flüſſe haben einen ſchwachen Anfang. In der Geſtalt kleiner Bäche, worin ſie zuerſt erſcheinen, fließen ſie anfangs faſt ungekannt und namenlos dahin. Erſt in einiger Entfernung von den Gebürgen, denen ſie ihren Urſprung verdanken, ziehen ſie immer mehr die Aufmerkſamkeit auf ſich; aber der Beobachter, der ihnen nachgeht, bemerkt ohne Schwierigkeit die allmählige Zunahme ihrer anwachſenden Kraft, und wenn er bis zu ihrer Mündung fortgeht, ſo iſt er ſo weit entfernt, hier ihre ſo weit ausgedehnte Stärke anzuſtaunen, daß er vielmehr bei genauerer Unterſuchung nicht einmal alle die Waſſer, die ſie hier in ihrer Vereinigung beiſammen haben ſollten, darin findet.

Das Meer, in das ſich alle Flüſſe ergießen, dient hauptſächlich zu ihrer beſtändigen Unterhaltung. Man weiß, daß ſeine Waſſer, als wollten ſie ſich den Geſetzen der Schwere entziehen, ſich von ihm trennen, in der Atmoſphäre verbreiten und ſogar über die höchſten Spitzen der Erde hinaufſteigen. 1) Doch gibt es für ihre Hö-

he

1) Der Chimboraſſo iſt 3217 Lachter (Toiſen) über die Meeresfläche erhaben. Er iſt das höchſte unter allen Gebür

eine gewiſſe Grenze; die unbekannte Kraft, der ſie gen, verläßt ſie nunmehr, ſie folgen aufs Neue den ndrücken der Schwere, und nehmen nach Beſchaffen- it der Jahrszeit und der Gegend verſchiedenerlei Ge- lten an.

Auf den hohen Gebürgen regnet es nicht, ſondern ſchneiet nur zu einer gewiſſen Jahreszeit. Das Waſ- hängt ſich in vereinigten ungeheuren Eismaſſen an Felſen an, wo ſolche hängenden Vorrathsbehältern ichen, welche die Sonnenwärme niemalen erſchöpfen n, und die alſo denen da entſpringenden Flüſſen ihre ige Fortdauer gewähren. Die losbrechenden Eis- cke erhalten während dem Fallen ihre Flüſſigkeit, drin- t mehr oder weniger tief in die Erde, vereinigen ſich n Theil wieder in den häufigen Klüften ihrer Einge- ide, und gegen allen Verluſt, der aus der Verdün- ng entſtehen könnte, geſchützt, reichen ſie hier den toff zu nie verſiegenden Quellen.

Gebürgen auf unſerer Erdkugel. In der Höhe von 2440 Lachter fängt der Schnee an, und bedeckt ihn bis zu ſeinem Gipfel; und da die leichtſten Wolken noch 1000 bis 1200 Lachter höher ſteigen, ſo folgt, daß, wenn es Gebürge gäbe, die hoch genug wären, man ſolche von der Höhe von 2440 bis zu 4000 Lachter mit Schnee bedeckt fände; weiter hinauf würden ſie nicht mehr damit bedeckt ſein, nicht etwa wegen nachlaſſender Kälte, denn dieſe wird immer um ſo viel größer, je höher man in der Atmoſphäre ſteigt, ſondern weil ſich die Dünſte nicht ſo hoch von der Erde erheben, vereinigen und in Schnee zurückfallen können. M. Bouguer, Figure de la terre, page 4.

regulären Kanal, und worin die Oberfläche des Waſſers keinen merklichen Abhang hat, welches bei großen Flüſſen, zumal wenn ſie ſich ihrer Mündung nähern, etwas gewöhnliches iſt, die Geſchwindigkeit nach der ganzen Höhe der Querſchnitte, die Reibung beiſeit geſetzt, gleich groß iſt.

Wenn alſo die Rede davon iſt, die Waſſermenge zu beſtimmen, welche ein regulärer Fluß liefert, deſſen Lauf in bleibendem Stand iſt, und deſſen Oberfläche ober- und unterhalb der gewählten Stelle eine einzige Ebene ausmacht, ſo darf man ja nicht nach der Vorausſetzung rechnen, daß die Geſchwindigkeit von der Oberfläche herab gegen den Boden zu wachſe. Um die Grenze für die größte Waſſermenge, welche der Fluß geben kann, zu erhalten, muß man die Fläche des Querſchnitts mit der Geſchwindigkeit des Waſſers an der Oberfläche multipliciren.

143. Wenn man auch den Lauf eines Fluſſes durch Schutzwände unterbricht, und in den Querſchnitten bei dieſen Schutzwänden einen freien Abfall macht, ſo dürfte man nicht die Methode des Gulielmini gebrauchen, um die mittlere Geſchwindigkeit zu finden. Wir haben (§. 159.) gezeigt, daß ſeine Reſultaten doppelt ſo groß ſind als ſie ſein ſollten.

244. Wir haben endlich (§. 194.) angemerkt, daß das Waſſer bei ſeinem Eintritt und Fortgang in horizontalen Kanälen eine größere Geſchwindigkeit haben kann, als diejenige, welche der freie Fall von der Höhe der Querſchnitte bewirken könnte. Man ſieht, daß in dieſen Fällen, welche ſehr vielfach ſein können, die Methode

ode des Gulielmini nicht gebraucht werden könnte, wenn auch ſonſt genau wäre. *)

Hrn. Pitots gebogene Röhre.

245. (fig. 44.) Dieſes Werkzeug, deſſen Einrichtung und Gebrauch man in den Denkſchriften der Academie der Wiſſenſchaften vom Jahr 1732. beſchrieben findet, beſteht aus einer umgebogenen gläſernen Röhre, die man feſt genug an ein Stück Holz befeſtigt, und neben welcher man ein eiſernes oder kupfernes Maas, das in Fuße, Zolle, Linien abgetheilt iſt, anbringt.

Die Geſchwindigkeit des Waſſers kann überall an einer Stelle von dem Querſchnitt eines Fluſſes ſo angeſehen werden, als ob ſie durch den freien Fall von einer gewiſſen Höhe entſtanden wäre, und es könnte alſo das Waſſer bis zu eben der Höhe ſteigen, welche der Geſchwindigkeit gemäß angenommen wird. Nach dieſem Maß ſtellt man das Werkzeug lothrecht, ſo daß die Oeffnung A gegen den Strohm gekehrt iſt, und ſchließt aus der Höhe M, bis zu der das Waſſer ſteigt, auf die Geſchwindigkeit des Waſſers an der Stelle, wo die Oeffnung A angebracht iſt. Man hat angemerkt, daß dieſes Werkzeug, ob es gleich ſo einfach iſt, dennoch zum Gebrauch weder Bequemlichkeit noch Sicherheit genug gewährt, eines Theils wegen der Schwierigkeit, ihm die gehörige feſte Stellung zu geben, und andern Theils wegen der Reibung, welche das Waſſer beim Aufſteigen in Röhren leidet.

Qua-

*) Eigentlich iſt der hier beſchriebene Regulator ſchon unter dieſem Namen zuerſt von Caſtelli vorgeſchlagen worden. ſ. Hrn. Hofrath Käſtners Hydrod. S. 220 — 226.

Quadrant.

246. (fig. 45.) Man gebraucht auch den Quadrant, um die Geſchwindigkeit fließender Waſſer zu meſſen. Man befeſtigt nämlich an ſeinem Mittelpunkt zween Fäden, wovon der eine mittelſt eines Gewichts P in einer lothrechten Lage erhalten werden ſoll; den andern macht man länger, und bringt an ſeinem Ende gleichfalls ein Gewicht an, das ſpecifiſch ſchwerer als Waſſer iſt. Wann man ſich dieſes Werkzeugs bedienen will, ſo gibt man ihm eine feſte Stellung, ſo daß ſeine Fläche vollkommen lothrecht, und nach der Richtung des Stroms gerichtet ſei; den Faden C H läßt man in das Waſſer herabhängen, da ihn dann der Fluß nöthigen wird, von der Vertikallinie abzuweichen. Nun drucke man das beſtändige Gewicht F des am Ende des Fadens angebundenen Körpers, welcher ſich unter dem Waſſer befinden muß, durch die lothrechte Linie K H aus, und verzeichne das Parallelogramm K L H I ſo, daß die Seiten K L, K I mit der Oberfläche X R des Waſſers und der Richtung C H des Fadens gleichlaufend ſein. Von den beiden Kräften, in welche K H zerlegt iſt, wird die eine H L aufgehoben, und die andre K L druckt die Gewalt des Fluſſes aus. Aus mechaniſchen Gründen weiß man, daß die Kraft $KL = F \times \frac{\text{Sin. K H L}}{\text{Sin. K L H}}$.

Es iſt klar, daß für eine andere Lage des Fadens, z. B. C M, die Gewalt des Fluſſes $OQ = F \cdot \frac{\text{Sin. O M Q}}{\text{Sin. M Q O}}$,

alſo $KL : OQ = \frac{\text{Sin. K H L}}{\text{Sin. K L H}} : \frac{\text{Sin. O M Q}}{\text{Sin. M Q O}}$; und

wenn

ſtellung der natürlichen Quellen mit einander vereinigen. Da, wo man ſie hervorbrechen ſieht, haben ſie gemeiniglich ſchon ihre ganze Stärke und Anmuth; oft entſpringen ſie an dem Fuß eines Felſen; man hat kein anderes Merkmal ihrer nahen Gegenwart, als das Geräuſch, welches ſie verurſachen, oder die grüne Farbe, womit ſie die umher liegende von ihnen bewäſſerte Gegend verſchönern. Inzwiſchen iſt es nicht ungewöhnlich, daß die Natur Gegenden darſtellt, wo die aus der Erde hervorbrechenden Waſſer, noch bevor ſie ſich wieder vereinigen, in der Richtung und Stärke ihrer Bewegungen eine außerordentliche Verſchiedenheit zeigen. Ich habe dergleichen waſſerklüftige Höhlen geſehen, wo das Waſſer aus vielen verſchiedenen Quellen nach Vereinigung ſtrebte; ich ſahe einige davon zu meinen Füßen fließen, andere fielen mit Rauſchen vom Gewölbe herab, und eine beträchtliche Menge Waſſers, das unvermerkt in die Geſtalt einer lothrechten Waſſerſäule zuſammen getreten war, floß langſam aber doch ohnunterbrochen fort, und ahmte hierin die Erfolge von Regengüſſen nach.

253. Die Geſchwindigkeit des Waſſers beim Urſprung der Quellen iſt ſehr mannigfaltig, nicht nur in Quellen, die unter ſich verſchieden ſind, ſondern auch bei einer und eben derſelben Quelle, nach den verſchiedenen Zeiten, worin man ſie beobachtet. Man trifft welche an, wo man augenſcheinlich ſieht, daß die Geſchwindigkeit vom Druck entſteht, 1) aber meiſtentheils iſt dieſe Ur-

1) In der Stadt Modena und vier Meilen umher grabe man, wo man will, ſobald man in die Teufe von 63 Fußen gekommen iſt, und nun ein nur 5 Fuß tiefes Loch mit

die erforderliche genaue feſte Stellung zu geben; man kann alſo den Winkel, welchen der Faden C H mit der lothrechten Linie C P macht, nicht mit einiger Genauigkeit meſſen. Wenn endlich der Körper H, am Ende des Fadens, nur die ſpecifiſche Schwere des Waſſers hat, ſo wird er beſtändig hin und her ſchwingen; und wenn ſeine ſpecifiſche Schwere zu groß iſt, ſo iſt er für kleine Veränderungen in der Geſchwindigkeit nicht empfindlich genug. Aus dieſem allem erhellet, daß der Quadrant zu Meſſung der Geſchwindigkeit des Waſſers untauglich iſt. *)

Schwimmende Körper.

247. Körper, welche auf dem Waſſer ſchwimmen, vorzüglich wenn ſie ſich vermöge ihrer ſpecifiſchen Schwere beinahe ganz untertaugen, nehmen ſehr bald die Geſchwindigkeit des Waſſers an; man kann alſo auch kein einfacheres und richtigeres Mittel gebrauchen, die Geſchwindigkeit eines Fluſſes zu meſſen.

Da man weiß, daß, wenn das Bett eines Fluſſes oder Kanals regulär iſt, die Geſchwindigkeit des Waſſers, ſeine Reibungen beiſeit geſetzt, in jeder Tiefe der Querſchnitte gleich groß iſt; 1) ſo ſtellt die Geſchwindigkeit

*) Aber welches Werkzeug entſpricht dieſer Abſicht ſo ganz vollkommen? die hier erwähnte oder die noch vorzüglichere Methode des Manfredi kann in der That ganz gute Dienſte leiſten. ſ. Hrn. Hofr. Käſtners Hydrod. S. 199 — 211.

1) Hr. v. Büat hat aus einer Menge angeſtellter Beobachtungen in regulären Kanälen geſchloſſen, 1) daß die Größe des Betts ſo wenig als die des Gefälles auf die Verhältniß

igkeit an der Oberfläche zugleich die mittlere Geschwindigkeit vor; und wenn man solche mit der Größe der Quer-

hältniß der Geschwindigkeiten an der Oberfläche und am Boden einigen Einfluß haben. Insofern die mittlern Geschwindigkeiten die nämlichen bleiben, oder die an der Oberfläche unveränderlich ist, findet man auch die am Boden unveränderlich, ohne daß die Tiefe des Wassers oder die Größe des Querschnitts dabei einige Veränderung hervorbringen. 2) Daß die mittlere Geschwindigkeit in einem regulären Kanal die mittlere arithmetische ist zwischen der Geschwindigkeit an der Oberfläche und der am Boden. Wenn die Geschwindigkeit an der Oberfläche bekannt ist, so findet man die am Boden durch nachstehende Regel: Man ziehe, aus der für eine Sekunde in Zollen ausgedruckten Geschwindigkeit an der Oberfläche, die Quadratwurzel, und ziehe 1 davon ab; den Rest quadrire man, so hat man die Geschwindigkeit am Boden des Betts. Es sei z. B. die Geschwindigkeit an der Oberfläche = 25 Zoll in 1 Sek., hieraus ist die Quadratwurzel 5; diese um 1 vermindert, und den Rest 4 quadrirt, gibt 16 Zoll für die Geschwindigkeit des Wassers am Boden. Principes d'hydraulique part. I. pag. 91. *)

*) Es sei also die Geschwindigkeit an der Oberfläche = c, so ist nach Hrn. v. Buat die am Boden $= ((\sqrt{c}) - 1)^2$, also die mittlere Geschwindigkeit des Querschnitts $= \frac{c + ((\sqrt{c}) - 1)^2}{2}$, folglich wenn die Fläche des Querschnitts b heißt, die Wassermenge, welche der Kanal in 1 Sek. gibt, $= b \cdot \frac{c + ((\sqrt{c}) - 1)^2}{2}$. wo aber b und c in Zollen ausgedruckt werden müssen, also die Wassermenge sich auf Kubikzolle bezieht.

Querſchnitte multiplicirt, ſo beſtimmt das Produkt
Waſſermenge, welche der Fluß oder der Kanal
wenn man übrigens den Widerſtand des Bodens
der Wände beiſeit ſetzt.

Es iſt klar, daß, wenn der Fluß oder der K
kein reguläres Bett hätte, man darin eine Menge
verſchiedener Ströhme entdecken würde. Beſtände
Boden aus ungleichem Geſteine, oder wäre er ſo
die Seitenwände mit Pflanzen bewachſen, ſo würd
Geſchwindigkeit in der Nähe der Hinderniſſe, die ih
Weg wären, abnehmen. Auch iſt offenbar, daß, w
das Bett plözlich enger würde, das Waſſer an d
Stelle die Wirkung eines Falls leiden, und alsdann
Geſchwindigkeit in den tiefern Stellen der Querſch
größer werden müßte. Aber in allen dieſen Fällen k
te man die mittlere Geſchwindigkeit des Fluſſes oder
Kanals nicht beſtimmen, ſo lange man nicht alle ei
nen Geſchwindigkeiten der verſchiedenen ſich im Fluß
einander unterſcheidenden Ströhme kennte; man
alſo die Unmöglichkeit, unter dieſen Umſtänden die m
lere Geſchwindigkeit zu erfahren. Man hat nur z
Mittel, hierin zum Zweck zu kommen. Das erſte
ſteht darin, das Bette des Fluſſes oder des Kanals
eine gewiſſe Strecke regulär zu machen; die Geſchw
digkeit wird nun auf dieſer Strecke ziemlich gleichför
werden. Da es bekannt iſt, daß der Boden, wenn
gleich eben iſt, dennoch die Bewegung des Waſſers
zögert, ſo kann man ſtatt eines einzigen ſchwimmen
Körpers zwo Wachskugeln von gleicher Größe gebrauch
die man mittelſt eines Fadens, deſſen Länge beiläufig
Höhe der Querſchnitte gleich iſt, mit einander verbind
in die Mitte derjenigen Kugel, welche nahe über d

Boden weggehen soll, bringt man kleine Steine; doch muß man sich in Acht nehmen, solche nicht zu schwer zu machen, daß sie ganz auf den Boden herabhänge. Auf solche Art druckt die Geschwindigkeit beider Kugeln die mittlere Geschwindigkeit so genau aus, als man verlangen kann, 2) wofern nur die Kugeln nicht zu nahe an den Seitenwänden angebracht werden.

Das zweite Mittel, welches sich bei Kanälen und kleinen Flüssen sehr gut anwenden läßt, besteht darin, daß man das Bett dieser Flüsse oder Kanäle mit Schußwänden beträchtlich erhöht, so daß das Wasser dem Kanal aufwärts anschwellen, und an der Stelle, wo die Schußwände angebracht sind, frei herabstürzen könne. Der Oefnung kann man eine rechtwinklichte viereckigte Gestalt geben. Weiß man die Höhe, zu der sich das Wasser über den Boden der Oefnung erhebt, so nimmt man davon $\frac{4}{5}$, sucht die dieser Fallhöhe zugehörige Geschwindigkeit, und nimmt hiervon die Hälfte (§. §. 159. 208.); das Produkt aus dieser Hälfte in die Fläche des künstlichen Querschnitts, welcher durch die Schußwände entsteht, gibt die Wassermenge, welche der Kanal oder der Fluß liefert.

2) Da ich färbende Materien in reguläre Kanäle schüttete, bemerkte ich, daß sie Geschwindigkeiten von merklicher Verschiedenheit annahmen, zum Beweis, daß das Wasser in diesen Kanälen wirklich nicht einerlei Geschwindigkeit hatte. Ich bemerkte auch an diesen Materien nahe an den Wänden und am Boden eine langsamere Bewegung, und daß es allemal eine gewisse Stelle gab, wo das Wasser den stärksten Schuß hatte. Alles dieses beweißt, daß sich die mittlere Geschwindigkeit, selbst in regulären Kanälen, nur näherungsweise finden läßt.

Drittes Kapitel.

Von den Flüſſen.

Erſter Abſchnitt.

Von Entſtehung der Flüſſe.

348.

Die größten Flüſſe haben einen ſchwachen Anfang. In der Geſtalt kleiner Bäche, worin ſie zuerſt erſcheinen, fließen ſie anfangs faſt ungekannt und namenlos dahin. Erſt in einiger Entfernung von den Gebürgen, denen ſie ihren Urſprung verdanken, ziehen ſie immer mehr die Aufmerkſamkeit auf ſich; aber der Beobachter, der ihnen nachgeht, bemerkt ohne Schwierigkeit die allmählige Zunahme ihrer anwachſenden Kraft, und wenn er bis zu ihrer Mündung fortgeht, ſo iſt er ſo weit entfernt, hier ihre ſo weit ausgedehnte Stärke anzuſtaunen, daß er vielmehr bei genauerer Unterſuchung nicht einmal alle die Waſſer, die ſie hier in ihrer Vereinigung beiſammen haben ſollten, darin findet.

Das Meer, in das ſich alle Flüſſe ergießen, dient hauptſächlich zu ihrer beſtändigen Unterhaltung. Man weiß, daß ſeine Waſſer, als wollten ſie ſich den Geſetzen der Schwere entziehen, ſich von ihm trennen, in der Atmoſphäre verbreiten und ſogar über die höchſten Spitzen der Erde hinaufſteigen. 1) Doch gibt es für ihre Hö-

he

1) Der Chimboraſſo iſt 3217 Lachter (Toiſen) über die Meeresfläche erhaben. Er iſt das höchſte unter allen Gebür-

he eine gewiſſe Grenze; die unbekannte Kraft, der ſie folgten, verläßt ſie nunmehr, ſie folgen aufs Neue den Eindrücken der Schwere, und nehmen nach Beſchaffenheit der Jahrszeit und der Gegend verſchiedenerlei Geſtalten an.

Auf den hohen Gebürgen regnet es nicht, ſondern es ſchneiet nur zu einer gewiſſen Jahreszeit. Das Waſſer hängt ſich in vereinigten ungeheuren Eismaſſen an die Felſen an, wo ſolche hängenden Vorrathsbehältern gleichen, welche die Sonnenwärme niemalen erſchöpfen kann, und die alſo denen da entſpringenden Flüſſen ihre ewige Fortdauer gewähren. Die losbrechenden Eisſtücke erhalten während dem Fallen ihre Flüſſigkeit, dringen mehr oder weniger tief in die Erde, vereinigen ſich zum Theil wieder in den häufigen Klüften ihrer Eingeweide, und gegen allen Verluſt, der aus der Verdünſtung entſtehen könnte, geſchützt, reichen ſie hier den Stoff zu nie verſiegenden Quellen.

Gebürgen auf unſerer Erdkugel. In der Höhe von 2440 Lachter fängt der Schnee an, und bedeckt ihn bis zu ſeinem Gipfel; und da die leichtſten Wolken noch 1000 bis 1200 Lachter höher ſteigen, ſo folgt, daß, wenn es Gebürge gäbe, die hoch genug wären, man ſolche von der Höhe von 2440 bis zu 4000 Lachter mit Schnee bedeckt fände; weiter hinauf würden ſie nicht mehr damit bedeckt ſein, nicht etwa wegen nachlaſſender Kälte, denn dieſe wird immer um ſo viel größer, je höher man in der Atmoſphäre ſteigt, ſondern weil ſich die Dünſte nicht ſo hoch von der Erde erheben, vereinigen und in Schnee zurückfallen können. M. Bouguer, Figure de la terre, page 4.

249. Die mancherlei Arten, wie die Natur die Ströhme unaufhörlich mit Waſſer verſorgt, verurſachen ſehr große Verſchiedenheiten in ihren Bewegungen.

Wenn alle Regenwaſſer nur ſo gradhin über die Oberfläche unſerer Erde abflöſſen, und ſich ſogleich wieder in den Flußbetten vereinigten, ſo würde ſich ihr Abfluß ſehr bald beendigen, und die Jahreszeit, worin ſie fielen, wäre eine Epoche der größten Verwüſtungen, welche ſich über unſere Erde verbreiten könnten. Zum Glück gibt es verborgene Vorrathsbehälter, worin ſich ein großer Theil Regenwaſſer verſammlet, und von da ſolche ordnungsmäßig abfließen. Inzwiſchen begreift man leicht, daß die Quellen keineswegs in einem unveränderlichen Zuſtand erhalten werden können; ſie ſind beinahe alle abwechſelnd ſtark und ſchwach, und ſie folgen, wie auch die Vorrathsbehälter geſtaltet ſein mögen, der Abwechſelung, welcher die Urſachen, woraus ſie entſtehen, unterworfen ſind.

Man betrachtet die Ströhme als fortdauernd, wenn ſie ihre Unterhaltung bloß natürlichen Quellen zu verdanken haben. Dieſes iſt eine ganz richtige Benennung, indem die alsdann in nicht gar langen Zwiſchenzeiten dabei vorfallenden Veränderungen ſehr wenig merklich ſind.

250. Das plötzliche Anwachſen der Flüſſe kann von vielerlei Urſachen herrühren. Es ereignet ſich bei dem Zufluß von unerwarteten Regenwaſſern, welche in zu großer Menge herabfallen und ſich in Fluthen vereinigen, ſo daß ſie keine Zeit behalten, in der Erde zu verſäugen.

Man weiß, daß das mit ungeheuren Maſſen von Schnee und Eis bedeckte Erdreich immer eine hinlängliche

che Wärme genießt, um gewiſſe Arten von Pflanzen zu beleben, und das Waſſer fließend zu erhalten. 1)

Es gibt auf den höchſten Gebürgen Quellen, die niemalen zu fließen aufhören, ſelbſt nicht bei der allerſtrengſten Kälte. Aber die Wärme, welche in ſo hohen Gegenden auf der Erde zurückbleibt, hat im Winter wenig Kraft; ſie läßt ſich nicht gar weit empfinden; auch die großen Eismaſſen nehmen zu dieſer Jahreszeit wenig ab; das Waſſer wird hier gleichſam aufbewahrt, bis ihm die Luft bei gemäßigterer Temperatur Flüſſigkeit und Bewegung gibt. Die Natur, welche in tauſend Fällen immer auf einerlei Weiſe zu handeln ſcheint, und deren Gang uns ſo oft entwiſcht, wenn ihre Bewegungen unter allzu unmerklichen Veränderungen fortgehen, thut hier alles ſprungweiſe; ſie häuft beinahe ununterbrochen ungeheure Maſſen von Schnee; ſie ſchmelzt ſolche nachher von ſelbſt; die Waſſer ſtürzen alsdann mit Macht und Ungeſtümm über die Gebürge herab, und geben bei den Flüſſen eben den Erfolg, wie die Fluthen von auſſerordentlichen Regen.

251. Die phyſiſche und meteorologiſche Beſchaffenheit eines Landes hat den größten Einfluß auf die Veränderungen, welchen die Gewäſſer großer und kleiner Ströhme unterworfen ſind. In denen Gegenden, wo der Himmel faſt immer trübe iſt, und wo die herabfallenden Waſſer eher einem ſtarken Thau als wirklichem Regen

1) Die unterirdiſche Wärme iſt die Urſache, welche die Ströhme fließend erhält, ſo daß ſie auch bei der größten Kälte nicht aufhören, unter den größten Eismaſſen fortzufließen. M. de Sauſſure Tom. I. page 452.

gleichen, gibt es keinen beträchtlichen Strohm; der gröſ-te Theil von Waſſer verſäugt in der Erde, und was davon auf der Oberfläche abfließt, ſucht langſam ſeinen Abweg, ohne jemals Ländereien zu verwüſten.

In Gegenden aber, wo man faſt immer hellen Himmel hat, wo die Regen zu ganz gewöhnlichen Zeiten eintreten, und wo in einigen Stunden ſchon ſo viel herabfällt, als in den zuvor erwähnten Gegenden in mehrern Monaten; da müſſen die Waſſer nothwendig ganze Ströhme erzeugen, und die Verheerungen, welche ſie verurſachen können, müſſen um ſo viel beträchtlicher ſein, je ſtärker und ſchneller der Regen einfällt, je gebürgichter die Gegend, und je weniger ſie gebaut und mit Bäumen und Pflanzen beſetzt iſt.

Zweiter Abſchnitt.

Von den Quellen.

252.

Wenn der gemeine Mann an dem Fuß eines Bergs eine ſtarke Quelle herauskommen ſieht, ſo bildet er ſich ein, ſie laufe im Innern des Gebürgs in einem Kanal von eben der Größe, wie ſie hier hervorbricht. Der Philoſoph urtheilt feiner. Eine Quelle erinnert ihn an die Erſcheinung, welche ihm die gröſten Ströhme darſtellen; ſo wie er nämlich bei deren Mündung auf jene Menge von Gewäſſern zurückbleibt, welche alle den großen Ströhmen zufließen, ſo iſt eine Quelle für ſeine Augen die Mündung unzählig vieler kleinerer Quellen.

Es iſt unmöglich, in ihrem unterirdiſchen Lauf die mancherlei Beiflüſſe zu beobachten, welche ſich zur Darſtellung

ſtellung der natürlichen Quellen mit einander vereinigen. Da, wo man ſie hervorbrechen ſieht, haben ſie gemeiniglich ſchon ihre ganze Stärke und Anmuth; oft entſpringen ſie an dem Fuß eines Felſen; man hat kein anderes Merkmal ihrer nahen Gegenwart, als das Geräuſch, welches ſie verurſachen, oder die grüne Farbe, womit ſie die umher liegende von ihnen bewäſſerte Gegend verſchönern. Inzwiſchen iſt es nicht ungewöhnlich, daß die Natur Gegenden darſtellt, wo die aus der Erde hervorbrechenden Waſſer, noch bevor ſie ſich wieder vereinigen, in der Richtung und Stärke ihrer Bewegungen eine außerordentliche Verſchiedenheit zeigen. Ich habe dergleichen waſſerklüftige Höhlen geſehen, wo das Waſſer aus vielen verſchiedenen Quellen nach Vereinigung ſtrebte; ich ſahe einige davon zu meinen Füßen fließen, andere fielen mit Rauſchen vom Gewölbe herab, und eine beträchtliche Menge Waſſers, das unvermerkt in die Geſtalt einer lothrechten Waſſerſäule zuſammen getreten war, floß langſam aber doch ohnunterbrochen fort, und ahmte hierin die Erfolge von Regengüſſen nach.

253. Die Geſchwindigkeit des Waſſers beim Urſprung der Quellen iſt ſehr mannigfaltig, nicht nur in Quellen, die unter ſich verſchieden ſind, ſondern auch bei einer und eben derſelben Quelle, nach den verſchiedenen Zeiten, worin man ſie beobachtet. Man trifft welche an, wo man augenſcheinlich ſieht, daß die Geſchwindigkeit vom Druck entſteht, 1) aber meiſtentheils iſt dieſe Ur-

1) In der Stadt Modena und vier Meilen umher grabe man, wo man will, ſobald man in die Teufe von 63 Fußen gekommen iſt, und nun ein nur 5 Fuß tiefes Loch mit

Urſache mit dem Gefälle der Kanäle verbunden, w
die Waſſer fortfließen.

Die Bewegung der Waſſer im Innern der E
wird ohne Zweifel durch den Abhang der Kanäle
größert, und durch den Druck, den ſie nach ihrer San
lung in Behältern ausüben. Aber dieſe Bewegung n
wegen der äußerſten Mannichfaltigkeit in der Lage di
Kanäle, ihren Beugungen, ihrer Größe, ihrer u
dentlichen Geſtalt, ferner in der Geſtalt der Samı
behälter, deren Ausflußöfnungen, dem Widerſtand
Luft ꝛc. beträchtliche Abänderungen leiden. Wenn
ſolchen Waſſerleitungen, welche durch menſchliche K
ſo regulär als möglich zugerichtet worden ſind, denn
die wirklichen Erfolge von den Geſetzen der Hydraulik
trächtlich abweichen, ſo müſſen ſich in denen Kanä
welche die Natur bildet, und wo ſich unendlich meh
Hinderniſſe entgegenſetzen, nothwendig unendlich gröſ
Abweichungen von jenen Geſetzen ergeben.

Uebrigens iſt es für gegenwärtige Unterſuchung
gleichgültig, daß die verſchiedenen Beiflüſſe unter
Erde, ſo lange ſie noch von einander abgeſondert flieſ
verſchiedene Geſchwindigkeiten haben. Wenn ſie zuſ
mentreten, und nun durch eine gemeinſchaftliche Oefn
zu Tag ausfließen, ſo verſchwinden alle die Ungleich
ten, die ſie zuvor von einander unterſchieden; die la
ſamern Waſſer gewinnen nun von der Bewegung
ſch

mit dem Bohrer abtreibt, ſo ſpringt das Waſſer mi
ner ſo großen Gewalt empor, daß es ſehr bald den
zen Schacht anfüllt, und dann ohnunterbrochen ſ
über die Wände des Schachts zu Tag ausfließt. M.
Buffon Theorie de la terre.

wellern, ohne daß man im Stand iſt, die Verſchie-
nheiten, die bis hierhin unter ihnen ſtatt fanden, zu er-
nnen. *)

254.

*) So gewiß dieſes iſt, ſo kann man doch in Fälle kom-
men, wo man von der Verſchiedenheit, mit der ver-
ſchiedene Beiflüſſe während ihrer Abſonderung fortflie-
ßen, eine etwas nähere Kenntniß zu erlangen im Stand
iſt. Es ſei z. B. in Tab. ♂. fig. 3. C D ein tiefes
Behältniß, das beſtändig bis D mit Soole angefüllt iſt,
ſo daß ſolche bei D zu Tag überfließt. Dieſe Soole
komme aus zween andern Behältern A, B; jener ſei
mit Soole angefüllt, die durch a beifließt; und dieſer
mit ſüßem Waſſer, welches durch b beifließt. So lan-
ge nun beide Flüßigkeiten vereinigt bei D zu Tag über-
fließen, läßt ſich freilich nicht auf die Verſchiedenheit der
Beiflüſſe in b und a ſchließen. Fördert man aber die
ſchwächere Soole aus dem Behältniß C D zum Theil
heraus, ſo daß der Spiegel z. B. bis in c herabfällt,
ſo muß nunmehr der Zufluß ſowohl durch a als durch b
ſehr viel ſtärker ſein, als da das Behältniß C D noch
voll war; offenbar iſt aber die daher entſtehende Ver-
größerung des Zufluſſes durch b bei weitem größer, als
die Verſtärkung des Zufluſſes durch a; es muß alſo nun-
mehr die vermiſchte Soole im Behälniß C D merklich
ſchwächer ſein als im Anfang, ſo wie ſie umgekehrt be-
trächtlich ſtärker ſein müßte, wenn die Soole durch b,
das ſüße Waſſer aber durch a zuflöſſe. Man kann alſo
aus der Ab- oder Zunahme des Soolengehalts im Be-
hältniß C D wenigſtens einige allgemeine Schlüſſe zie-
hen, die auf eine nähere Kenntniß von der Verhältniß
der Geſchwindigkeiten führen, mit denen die Soole und
das wilde Waſſer beifließen. Aber freilich müßte man
auch vorher beiläufig die Verhältniß der Quotienten

254. Je weiter sich die Gegend erstreckt, aus welcher die Regenwasser den Quellen zufließen, und je kleiner die Oefnungen sind, durch welche sie wieder ihren Ausfluß finden, desto weniger sind sie der Vertrocknung ausgesetzt, und desto geringere Veränderungen bemerkt man an ihrem Ausfluß nach erfolgtem Regen. Man begreift leicht, daß die Wasser ziemliche Zeit brauchen, durch die Erde durchzudringen und bis in die Behälter zu gelangen, wo sie sich sammlen müssen.

Die Quellen, welche sich unmittelbar nach Regenwetter zeigen, gehören nicht zu den anhaltenden. Ihr Wasser ist gleich anfangs trübe, weil es wegen seines allzuschnellen Abschusses unter der Erde keine Zeit gehabt hat, sich zu reinigen. Sie vertrocknen um so viel eher, je stärker ihre Wassermenge beim Ausfluß ist.

Wenn die Quellen durch Regen unterhalten werden, und nun lange kein Regen einfällt, so folgt, daß ihre aus-

$\frac{Bb}{Db}$; $\frac{Aa}{Da}$ kennen, oder die Differenzen

$$(Aa - Da) : (Bb - Db);$$

sonst würden alle Schlüsse unsicher sein. Nur der Schluß läßt sich aus der beim Niedertreiben des Spigels im Verhältniß CD erfolgenden Ab- oder Zunahme des Soolengehalts mit Sicherheit machen, daß nicht alle Soolquellen schon außer dem Behältniß sich vereint haben, sondern noch abgesonderte schwächere und stärkere erst in dem Behältniß selbsten zusammenfließen, da hingegen jenes, nämlich die schon geschehene Vereinigung außerhalb dem Schacht fast mit völliger Sicherheit angenommen werden kann, wenn sich die erwähnte Aenderung des Gehalts beim Sinken des Spiegels nicht zeigt.

sfließenden Wassermengen großen Abwechselungen un-
worfen sein müssen, und daß sie sogar ganz vertrock-
n können; wenn sie daher durch bestimmte Oefnungen
sfließen, so müssen sie, wenn sie solche gleich vollkom-
en ausfüllen, nach Verschiedenheit der Zeit, wo man
beobachtet, sehr verschiedene Geschwindigkeiten haben.
ie ausfließenden Wassermengen hängen nicht von der
röße der Querschnitte ab; und wenn solche abnehmen,
nehmen die Geschwindigkeiten fast allemal in einer
ch größern Verhältniß ab. In solchem Fall können
: Quellen mit Wassern verglichen werden, welche aus
stimmten Oefnungen nahe am Boden der Behältnisse
slaufen. Die Querschnitte in der Oefnung bleiben
geändert, indeß die Geschwindigkeiten nach Verhält-
ß der Wasserhöhe in den Behältnissen gar sehr abwech-
n können.

Die Lage der Plätze, wo die Quellen entspringen,
ägt viel dazu bei, ihnen ein stärkeres oder schwächeres
nsehen zu verschaffen; aber auf was für eine Art sich
ch ihre Wasser versammlen, so ist es allemal möglich,
d sogar leicht, ihren Vorrath und Abfluß zu messen.
Denn, wie es zuweilen geschieht, die Wasser an einer
telle hervorbrechen, die ihnen sogleich einen freien Ab-
ll gestattet, so darf man solche nur in einen regulären
anal fassen, und ihre mittlere Geschwindigkeit (§. 247.)
chen.

Wenn hingegen die Quellen auf einem niedrigen
oden entsprängen, so würde sich das Wasser umher
ie ein Teich mehr oder weniger ausbreiten, und so lan-
anwachsen, bis es einen freien Abfluß fände. Die
bmessungen der überschwemmten Ebene würden auf kei-
Weise die Stärke der Quellen bestimmen; man wür-
de

de ſolche nicht anders als durch die Waſſermenge beſtimmen können, wenn man ihnen einen ordentlichen Abfluß verſchaffte.

Dritter Abſchnitt.

Von Entſtehung der Flüſſe durch Regen.

255.

Nachdem wir den Zuwachs angezeigt haben, welchen die Flüſſe durch das Anwachſen der Quellen erhalten, ſo wollen wir die Verſtärkung betrachten, welche ſie den Regenwaſſern zu verdanken haben, inſofern ſolche keinen andern Ausweg finden, als daß ſie über die Oberfläche der Erde hinfließen. Hier können die Lage der Gegenden, die Beſchaffenheit des Bodens, die Stärke der Regengüſſe, eine außerordentliche Verſchiedenheit in den Wirkungen hervorbringen. Um uns völlig beſtimmt zu erklären, wollen wir ein Beiſpiel nehmen.

Man ſtelle ſich eine Gegend vor, die eine Quadratmeile betrage; dieſe ſei in zwo gleich große Ebenen durch das Bett eines Fluſſes abgetheilt, welches als ein beiden Ebenen gemeinſchaftlicher Querſchnitt angeſehen werden kann; und beide Ebenen ſeien gegen ſolches Bett abhängig.

Man ſetze ferner, es habe zwölf Stunden lang ein Regen gleichförmig fortgedauert, und habe über jeder Stelle, wenn man ihn aufgefangen hätte, eine 4 Zoll hohe Waſſerſäule bewirkt.

Rechnet man nun die Meile nur zu 2000 Lachter, ſo erhält man für eine Quadratmeile 4000000 Quadratlachter. Jede Quadratlachter zu 36 Quadratfuß, und

jeden

jeden Quadratfuß zu 144 Quadratzoll gerechnet, gibt für eine Quadratlachter 5184 Quadratzoll; diese Zahl mit 4000000 multiplicirt, gibt 20736000000 für die Anzahl von Quadratzöllen, welche auf eine Quadratmeile gehen.

Da wir angenommen haben, daß der Regen an jeder Stelle auf der ganzen Fläche 4 Zoll hoch Wasser gegeben habe, so ist die gesammte auf sie herabgefallene Wassermenge in Kubikzollen = 82944000000.

Sollte nun diese gesammte Wassermenge binnen 24 Stunden gleichförmig ablaufen, so müßten 3456000000 Kubikzolle in einer Stunde, also 57600000 in einer Minute, und 960000 in einer Sekunde abschießen.

Faßt man die Wasser in einen Kanal, der 2 Lachter breit und 3 Fuß hoch ist, so ist die Fläche eines jeden Querschnitts eine Quadratlachter, und enthält also 5184 Quadratzoll; sieht man nun 960000 als ein Prisma an, das 5184 Quadratzoll zur Grundfläche hat, so findet man, daß seine Höhe 185 Zoll beträgt. Da dieses Prisma in einer Sekunde abschießt, und 12 Zoll auf einen Fuß gehen, so folgt, daß das Wasser eine Geschwindigkeit von $15\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde hat. Der Regenguß ist also hinreichend, einen Kanal, der 2 Lachter breit und 3 Fuß hoch ist, mit einer Geschwindigkeit von $15\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde in vollem Fluß zu erhalten. *)

Bis hierhin haben wir alles willkührlich angenommen. Jetzt wollen wir untersuchen, in wie weit unsere Voraussetzungen in der Natur wirklich bestehen können.

Wir

*) Nämlich 24 Stunden lang.

Wir haben gleich anfangs angenommen, daß der Regen in 12 Stunden 4 Zoll hoch Waſſer gegeben habe. Für gewiſſe Landſchaften könnte dieſe Vorausſetzung übertrieben ſcheinen; es iſt aber gewiß, daß ſie für andere noch zu gering iſt. So iſt es z. B. in Marſeille 1) nichts ſeltenes, daß der Regen ſchon in Zeit von 3 oder 4 Stunden 4 Zoll Waſſer gibt; man hat ſogar Jahrgänge gehabt, wo es in eben dieſer Stadt in vier Stunden gegen 10 Zoll Waſſer geregnet hat. Es iſt gewiß, daß in eben der Provinz in der Nachbarſchaft hoher Gebürge die Regengüſſe noch weit beträchtlicher ſind, als in dem übrigen Theil des Landes; wir nehmen alſo nicht zu viel an, wenn wir behaupten, daß es darin zu Zeiten eben ſo beträchtliche Regengüſſe gibt, als die, welche in Marſeille genau abgemeſſen worden ſind.

Wir haben nun weiter vorausgeſetzt, daß ſich die Waſſer in 24 Stunden verlaufen. Wir müſſen bekennen, daß es nicht gewöhnlich iſt, daß ſich die Regengüſſe in ſo kurzer Zeit nach dem Regnen wieder völlig verlaufen.

Flache Gegenden, und wo das Land durchaus gebaut iſt, verſchlucken verhältnißmäßig weit mehr Waſſer, als diejenigen, welche zwar von gleicher phyſiſchen Beſchaffenheit, ſonſt aber abhängender, ungebaut und öde ſind. Dieſes iſt ſo gewiß, daß auch nach den ſtärkſten

1) Den 29. Jul. 1783. hat es auf der Sternwarte zu Marſeille von 10 Uhr an bis 12 Uhr, 5 Zoll und eine Lin. geregnet. Den 17. Sept. ſammelte man auf eben der Sternwarte in 12 Stunden 10 Zoll Waſſer, man hatte aber ſchon 7 bis 8 Zoll in weniger als 2 Stunden; die ganze umliegende Gegend wurde überſchwemmt.

ſtem Regengüſſen die ungebaut und öde liegenden Plätze kaum einige Zolle tief befeuchtet ſind, da hingegen zu eben der Zeit Felder, welche durch den Bau recht aufgelockert worden ſind, mehrere Fuße tief, vom Waſſer durchdrungen werden.

256. Nichts kann die Bewegung des Waſſers ſo ſehr verzögern, als der Mangel an Gefälle. In allen Ländern ſind die flachen Gegenden Ueberſchwemmungen ausgeſetzt, und die Waſſer verliehren ſich da nur ſehr langſam; dieſes iſt um ſo viel gewöhnlicher, je ausgebreiteter die Ebenen ſind, und je ſchneller und ſtärker die Regen einfallen. In China ſind die Verwüſtungen, welche von dieſer Lufterſcheinung herrühren, ſehr häufig, und um ſo viel trauriger, da dieſes Reich außerordentlich beträchtliche Ebenen hat, wo ſich die Waſſer ſammlen, und ohngeachtet der durchgehenden Kanäle doch nur langſam abziehen können. Nach einem Brief des P. Cibot, eines Miſſionärs in China, fiel während dem Sommer 1761. mehr als 5 Fuß Waſſer. Ganze Provinzen waren überſchwemmt, Tauſende von Menſchen ertrunken, ganze Städte verſchlungen ꝛc.

Das Waſſer braucht allemal eine gewiſſe Zeit, um die Erde zu durchdringen, beſonders wenn ſolches anderswo einen freien Ausweg findet. Alle Hinderniſſe alſo, die ſeine Geſchwindigkeit vermindern können, müſſen ihm behülflich ſein, einzudringen. Die Buſchhölzer ſind daher vorzüglich geſchickt, das Waſſer zu hemmen, und ihm das Eindringen in die Erde zu erleichtern; ſie ſind hierzu deſto geſchickter, je dichtlaubichter ſie ſind.

Es iſt übrigens ausgemacht, daß die Blätter der Bäume eine beträchtliche Menge Waſſer in ſich ſaugen

und verzehren, und daß der Boden, worauf ſie n
ſen, ohngeachtet er ungebaut iſt, dennoch für den
dringenden Regen weit mehr Empfänglichkeit hat,
ungebaute und öde Ländereien.

Die Waldungen haben auf die Rückhaltung
Aufbewahrung der Waſſer einen ſo wirkſamen Einf
daß Quellen, welche in gewiſſen Gegenden das g
Jahr über floſſen, ſich völlig verlohren haben, nach
die Waldungen abgebrannt waren, und haben ſich
in der Folge nicht eher wieder eingefunden, als bis
Gegend wieder ihren vorigen Schmuck hatte, deſſen
ſein ſie ihre Entſtehung und Fortdauer verdankte.

So wie es aber Gegenden gibt, welche durch
Lage geſchickt ſind, den Lauf des Waſſers, das aus
Luft kommt, zu hemmen, ſo gibts hinwiederum viel
dere, welche den Abfluß deſſelben befördern. In de
Ländern, welche ſeit langer Zeit bewohnt werden, b
hen die großen Gebürgsketten beinahe aus lauter ö
und abſchüſſigen Felſen. Obgleich die Felſen öfters d
Spalten getrennt ſind, ſo iſt doch gewiß, daß der gr
te Theil der Regenwaſſer alsdann ſogleich in die Fl
betten abſchießt, und daß nur ganz weniges Waſſe
die Gebürge eindringen kann.

Wenn das von uns gewählte Beiſpiel auf eine
gichte und öde Landſchaft angewendet wird, ſo kann m
anſtatt vorauszuſetzen, daß die 4 Zoll Waſſer in
Stunden ſich verlaufen, und in 12 Stunden herabfall
ſich gedenken, daß 8 Zoll Waſſer in ſechs Stunden
abfallen und in 8 Stunden ſich wieder verlaufen.
ſchwillt alsdann das Waſſer 12mal ſo ſtark an, als v

hin, *) d. i. es könnte einen Kanal in vollem Fluß erhalten, der 24 Lachter breit und 3 Fuß tief wäre, und worin das Waſſer mit einer Geſchwindigkeit von $15\frac{1}{2}$ Fuß in 1 Sekunde fortſchöſſe.

257. Wenn man nicht die Gelegenheit hätte, über die Vereinigung der Regenwaſſer unmittelbare Beobachtungen anzuſtellen, ſo darf man nur einen Blick auf Landſchaftscharten werfen, und man wird leicht begreifen, daß Regenwaſſer, die auf eine 4mal ſo große Gegend, als wir angenommen haben, herabgefallen ſind, zuſammenfließen können. Die in dem daher entſtehenden Strohm abſchießende Waſſermenge wäre alſo 4mal ſo groß; behielten wir alſo die vorigen Vorausſetzungen bei, ſo hätten wir Waſſer genug, um den vollen Fluß eines Kanals zu unterhalten, der 48 Lachter breit und eine Lachter tief, oder auch 24 Lachter breit und 2 Lachter tief wäre, und worin das Waſſer mit einer mittlern Geſchwindigkeit von $15\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde fortflöſſe.

So außerordentlich auch dieſe Reſultaten ſcheinen mögen, ſo geben ſie doch vielmehr noch zu wenig an, als daß ſie übertrieben ſein ſollten. Wenn man ſich in Gebürgen aufgehalten, und die dort fürchterlich vorbei eilenden Ströhme geſehen hat, ſo laſſen ihre ungeheure Waſſermaſſen, ihr wüthender Strohm und die Verwü-

*) Die gegebenen Beſtimmungen geben nämlich die Verhältniß der anwachſenden Waſſermengen im vorigen und jetzigen Fall, wie 4 Zoll $\asymp \frac{6 \text{ Stunden}}{12 \text{ Stunden}}$ zu 8 Z. $\frac{24 \text{ St.}}{8 \text{ St.}}$, d. i. wie $\frac{24}{12}$ zu $\frac{192}{8}$, oder wie 1 zu 12. Aber die Fluth dauerte nur $\frac{1}{3}$ ſo lange als im vorigen Fall.

ſtungen, die ſie anrichten, einen ſo tiefen Eindruck in unſerer Seele zurück, daß ſich unſere Einbildungskraft über alles, was Berechnungen ergeben, bei weitem hinausſetzt.

Ich will hier Beiſpiele von ſchnell und beträchtlich anwachſenden Ströhmen mittheilen.

„Wir waren an den Ufern des Nils (in Abyſi„nien), wo wir unter dem Schatten der Weiden einan„der unterhielten, als wir plötzlich das Getöſe eines „Donners hörten, deſſen Schlag noch ſehr weit herzu„kommen ſchiene. Wir ſagten uns einander, daß es in „dieſem Lande auch bei hellem Himmel donnere, wie es „zuweilen in Indien geſchehe, und fiengen an, unſere „Geräthſchaften zuſammenzupacken, ohne dabei an eini„ge Gefahr zu denken. Wir hatten ſchon das Zelt zu„ſammengelegt, unter welchem wir unſere Mittagsmahl„zeit gehalten hatten, als Hr. Jean aus vollem Halſe „zu ſchreien beganne: es rette, rette ſich, wer da kann! „Kaum hatten wir Zeit, uns umzukehren, als wir ein „Gebürge von Waſſer erblickten, das ſich in die Tiefe her„abſtürzte, und mit einem fürchterlichen Töſen uns zu„eilte, ſo daß es ſogleich unſer ganzes Reiſegeräthe mit „ſich fortgeriſſen, und auch das Zelt nicht verſchont ha„ben würde, wenn es noch aufgerichtet geweſen wäre. „Wir entgingen ſeiner Wuth dadurch, daß wir an den „Weiden hinauf kletterten. Dieſer Strohm ſtürzte ſich „von den Gebürgen herab, von welchen wir ein donnern„des Getöſe gehört hatten, und riß Felſenſtücke mit ſich „fort, die ſich dem Ungeſtümm der Fluthen widerſetzten, „und ſo fürchterliche Thöne verurſachten, daß die Erde „davon zitterte; aber ſo plötzlich dieſer Sturm entſtan„den war, eben ſo ſchnell ging er auch vorüber. Den

andern

„andern Tag ſahen wir auf der andern Seite des Fluſ„ſes die mächtigen Felſenſtücke, welche die Gewalt des „Strohms von dem Gebürge losgeriſſen hatte.„ Deſcription de l'Afrique page 44.

„Den 16. Jul. 1750. ſchwolle ein Bach, der „durch die kleine Stadt Sirkes, in Lothringen an der „Moſel, durchfließt, und gewöhnlich an ſeiner Mündung „nicht über 2 oder 3 Fuß Waſſer hat, auf einmal ſo „übermäßig an, daß ſich das Waſſer in der Breite von „etwa 40 Lachter bis auf die Höhe von 22 Fußen hinauf„thürmte. Die Ringmauer, welche ſehr dick war, und „alle Häuſer, die ihm im Weg waren, ſtürzte es um; „und da es keinen andern Ausweg fand, als einen 18 „Fuß hohen Gewölbbogen, der ſich im andern Theil der „Stadtmauer befand, ſo erhob es ſich dergeſtalt, daß „es dieſe Mauer und einen auf dieſer Seite ſtehenden „Thurm umwarf, und nun durch dieſen Durchbruch „mit ſolchen Ungeſtümm durchſtröhmte, daß es auf ei„nige Augenblicke den Lauf der Moſel unterbrach, und „auf der andern Seite dieſes Fluſſes die Ruinen von den „umgeſtürzten Gebäuden abwarf.„ Hiſtoire de l'Acad. des Sciençes, année 1750. page 34.

258. Wir haben angenommen, daß das von den Regen herrührende Waſſer in den Flußbetten gleichförmig abſchieße; aber es fehlt noch viel daran, daß ſolches den wirklichen Erſcheinungen gemäß ſei. Die Dächer auf unſern Gebäuden können uns einen Begriff von dem geben, was auf den Gebürgen vorgeht. Man weiß, daß daſelbſt der Boden äußerſt ungleich iſt; aber obgleich der Abhang nicht ſo regulär iſt, wie bei unſern Dächern, ſo wird der Erfolg doch beinahe der nämliche ſein.

Die Flußbetten ſind das, was hier die Rinne C iſt; die Regenwaſſer fließen ſolchen von allen Seiten zu, und obgleich die Abflußgräben auf den Gebürgen und zu beiden Seiten der Flüſſe nicht ſo regelmäßig angeordnet ſind, wie die Abflüſſe von den Dächern unſerer Häuſer, ſo iſt es nichts deſtoweniger wahr, daß die Erfolge im Allgemeinen genau die nämlichen ſind, daß nämlich

I) der Abfluß an irgend einer willkührlich angenommenen Stelle, wo ſich die Regenwaſſer in einen Fluß ergießen, alle Augenblicke denen Waſſern zuſammengenommen gleich iſt, welche längſt der ganzen Strecke des aufwärts liegenden Stücks des Fluſſes beitreten. Man ſetzt voraus, daß die am Urſprung dieſes Fluſſes herabgefallenen Waſſer ſchon bis zu der angenommenen Stelle gelangt ſind, und daß der Regen immer gleich ſtark fortdauert.

II) Die Breite und Tiefe der Flußbette müſſen in der Verhältniß größer werden, in welcher ſie beſtimmt ſind, größere Regengüſſe aufzunehmen.

III) Man darf die Flüſſe nicht als Kanäle betrachten, die am einen Ende 1) alles Waſſer erhalten, das ſie am andern ausfließen laſſen; und man kann nicht vorausſetzen, daß die Querſchnitte der fließenden Waſſer in den verſchiedenen Gegenden des Strohms gleich groß ſind.

IV) Die Ueberſchwemmungen der Flüſſe ſind nothwendige Folgen, wenn man nicht den Bedacht nimmt, die

1) Die Rüß wird, indem ſie vom St. Gothard bis Staes herablauft, im Sommer von 100 zu 100 Schritten durch die aus den Eishaufen beifließenden Waſſer ſichtbar ſtärker. Tableaux de la Suiſſe fig. 30.

die Vergrößerungen der Abmeſſungen des Betts in den verſchiedenen Stellen nach der Verhältniß der in ſolchen Gegenden beifließenden größern Waſſermenge einzurichten.

V) Die Querſchnitte fließender Waſſer in Ströhmen, welche gleiche Länge haben, und in jedem Augenblick gleich viel Waſſer in ihre Betten aufnehmen, müſſen um ſo viel größer ſein, je geringer das Gefälle ihrer Betten iſt. Folglich beweißt eine größere Höhe des Waſſerſtands, und ſelbſt Ueberſchwemmungen, noch nicht den Durchfluß einer größern Waſſermenge, wenn man Flüſſe vergleichen will, deren Bette gleich tief und gleich breit ſind.

VI) Wenn in einem und eben demſelben Fluß der Regen überall auf ſeiner ganzen Oberfläche gleichmäßig niederfällt, ſo zeigt die Höhe der Querſchnitte am untern Ende zwar eine größere Waſſermenge, nicht aber eine größere Geſchwindigkeit, denn bei ungeändertem Gefälle bleibt auch die Beſchleunigung die nämliche; nur ſo viel iſt richtig, daß, ſo lange die Waſſer nicht gar beträchtlich ſind, die Geſchwindigkeit durch den Widerſtand am Boden und an den Seiten beträchtlich vermindert wird.

Wenn aber der Fluß bis zu einer gewiſſen Stärke angelaufen iſt, und das Waſſer darin überall ſeinen ungehinderten und ſchnellen Abfluß hat, als der freie Fall von der Höhe der Querſchnitte bewirken könnte, ſo hat die Reibung wenig Einfluß auf die Geſchwindigkeit, wenn nur die Größe der Querſchnitte nicht allzuſehr verſchieden iſt.

Vierter Abſchnitt.

Von der Wirkung der Regenwaſſer, welche ſich in den Flüſſen vereinigen, auf diejenigen Waſſer, welche darin ohnehin ſchon fortfloſſen und von Quellwaſſern unterhalten werden.

259.

Man hat dem ſchnellen Lauf der Waſſer in großen und kleinen Flüſſen unzählige Wirkungen zugeſchrieben, die er nicht hervorbringen kann. Man lieſt in der Naturgeſchichte von Provence vom Hrn. Darluc, daß zu der Zeit, wo die Dürance anwächſt, ſich wegen der Zuſammenpreſſung der Luft an ihren Ufern ein ſo heftiger Sturm erhebt, daß es nicht rathſam iſt, ſich dieſem Fluß zu nähern. Dieſes iſt der Wahrheit ſchnurſtracks zuwider. Man bemerkt zwar faſt zu allen Zeiten nahe bei der Dürance, eine von allgemeinen Winden ganz unabhängige Bewegung in der Atmoſphäre; dieſe wird aber durch die große Strecke, welche ſie einnimmt, durch den Unterſchied ihrer Temperatur und der Temperatur der ſie umgebenden Luft, und endlich durch die aus ihr aufſteigenden Dünſte, und durch diejenigen, welche ſie zu verdichten behülflich iſt, verurſacht.

Ich habe Perſonen, die ſonſt nicht ungeſchickt waren, ſagen hören, daß bei ſchnellem und ſtarkem Anwachſen der Flüſſe, die Waſſer die vor ihnen liegende Luft ſo lange zuſammendrucken, bis ſolche Kraft genug erhalte, die Felſenſteine von Grund aus loszureiſen und mit der größten Geſchwindigkeit fortzuwälzen. Ich halte es für ſehr unnöthig, dieſe ſonderbare Behauptung zu widerlegen, zumal da ich ſie noch bei keinem hydrauliſchen Schriftſteller

eller angetroffen habe, wahrſcheinlich iſt ſolches ein al-
s gemeines Vorurtheil. 1) Aber ich darf nicht unbe-
erkt laſſen, daß Galileus, dem hierin Alle, die über
ie Theorie der Flüſſe geſchrieben haben, gefolgt ſind,
in demſelben ſehr ähnliches angenommen hat, indem er
ie Bewegung der Waſſer in dem untern Theil der Flüſſe
dem

1) Eben den Urſprung muß auch das haben, was Hr. Darcet von einer Wirkung herabrollender großer Schnees klumpen erzählt: „dieſe herabrollende Schneeklumpen „haben das Sonderbare, daß ſie mit einem erſchrecklichen „Sauſen begleitet ſind, das um ſo heftiger iſt, je ſtär„ker der Wind iſt, der ſie zuerſt in Bewegung ſetzte; „nichts widerſteht alsdann ihrer erſtaunenden Gewalt, „und die Luft wird vor ihnen her ſo gewaltſam wegge„ſtoßen, daß die im Weg liegenden Hinderniſſe alle„mal ſchon eine ſehr merkliche Zeit eher zerſtöhrt „werden, als die Schneeklumpen an ſolche anſtoßen; „man hat aber öfters geſehen, daß durch ähnliche Beges „benheiten ganze Ortſchaften völlig zu Grund gerichtet „und verſchlungen worden ſind.„ a)

a) „Auf ſolche Art wurde vor 18 Jahren das Haus des Re„gimentsfeldſcherers Hrn. Ducos völlig zu Grund ge„richtet. Kiſten, die mit Geräthſchaften angefüllt wa„ren, und im Keller ſtanden, wurden durch dieſe ge„waltſame Ausdehnung der Luft eröfnet und auf die „Straße geworfen; man ſahe mit Erſtaunen einen Theil „von dem darin enthaltenen Geräthe an dem benachbar„ten Berge über 60 Fuß hoch hinauf geworfen. Man „bemerkte, daß das Haus ſchon eine merkliche Zeit „vor der Ankunft und dem erfolgten Stoß der „Schneemaſſe zertrümmert war.„ (Diſſertation ſur l'état actuel des Pyrénées & ſur les Cauſes de leur degradation page 28.)

ſer in den Flüſſen hat es nicht eben die Beſchaffenheit, wie mit Waſſer, das von allen Seiten in einem Gefäß eingeſchloſſen iſt. In dieſem letzten Fall wird der Druck auf jedes Waſſertheilchen ausgeübt, weil keines vorhanden iſt, das eine Bewegung annehmen könnte, da man hingegen bei Flüſſen die Bewegung einer jeden Waſſermaſſe, die man verlangt, nach Willkühr einrichten kann, wenn man gegen ſolche nur eine Kraft anbringt, welche der verlangten Wirkung angemeſſen iſt.

Wir haben ſchon bemerkt, daß ſich in ſchiefen und von allen Seiten verſchloſſenen Gefäßen der Druck eben ſo äußere, wie in graden Gefäßen, wenn von Stellen die Rede iſt, welche in beiden gleich tief unter dem Waſſerpaß liegen. Wir haben auch gezeigt, daß das Waſſer, ſobald man ihm einen freien Abſchuß geſtattete, weder an ſeiner höchſten Fläche noch an derjenigen, welche der ſchiefen Abſchußfläche grade entgegengeſetzt iſt, einigen Druck litte, und daß in jeder Schichte der Druck, den jedes Waſſertheilchen litte, von der Höhe der vertikal darüber ſtehenden Waſſerſäule und von der Neigung der ſchiefen Fläche abhienge. Die Länge der ſchiefen Fläche oberhalb ſolchem Querſchnitt könnte unermeßlich ſein, ſo wie die Waſſermaſſe, die ſie zu tragen hätte, ohne daß ſolches die Wirkung des Drucks im mindeſten änderte, da ſolche ſehr eingeſchränkt und um ſo viel ſchwächer iſt, je mehr Neigung die ſchiefe Fläche hat.

Hätte man einen horizontalen Kanal von unbeſtimmter Länge, der an ſeinen beiden Enden durch Schutzwände verſperrt wäre, ſo iſt klar, daß der Druck, welchen dieſe Schutzwände auszuhalten hätten, allemal ſo groß als das Gewicht einer Waſſerſäule wäre, die dieſe

Schutz-

Schußwände zur Grundfläche und die halbe Höhe der Schußwände zu ihrer Höhe hätte. Man weiß auch, daß, wenn man einen willkührlichen Querschnitt in diesem Kanal nimmt, jedes Wassertheilchen, darin das Gewicht der unmittelbar darüber stehenden Wassersäule zu tragen habe, und daß die daneben liegenden Querschnitte mit dem willkührlich angenommenen einerlei Druck ausüben, und einander im Gleichgewicht halten.

Der Kanal bleibe beständig horizontal, wenn nun ein Theil des Wassers mit irgend einer Geschwindigkeit, die aber gleichförmig ist, abschösse, so würde die Oberfläche des Wassers wagrecht bleiben, und der Druck würde sich in jedem Querschnitt und auf jedes Wassertheilchen grade so äußern, als wenn das Wasser im Kanal ruhig stände.

Wenn endlich das Wasser in Bewegung und seine Oberfläche abhängig wäre, so wäre zwischen denen nahe bei einander liegenden Querschnitten kein Gleichgewicht; um wie viel aber der obere stärker als der untere gedruckt würde, das würde durch den Unterschied in der Höhe des Wasserstands bestimmt. Es ist aber dieser Unterschied bei den Flüssen für gar nichts zu achten.

Die Rhone lauft ohngefähr 100 Meilen lang, jede zu 2850 Lachter gerechnet, vom Genfersee bis zu ihrem Eintritt ins Meer. Die Höhe des Genfersees über der Oberfläche des mittelländischen Meers beträgt nach Hrn. de Luc 188 Lachter. Aus diesen Bestimmungen findet man, daß das Gefälle des Flusses, wenn solches als gleichförmig angenommen wird, auf 1516 Lachter Eine beträgt, oder 25 Linien auf 47 Lachter, oder auch beiläufig eine halbe Linie auf eine Lachter.

Der Amazonenfluß iſt auf 200 Meilen weit von ſeiner Mündung nur 12 Lachter über der Meeresfläche erhaben. Sein Gefälle kann alſo auf dieſer ganzen Strecke ſeines Laufs für gar nichts angeſehen werden. *) Der Druck in jedem Querſchnitt wird alſo eben ſo ausgeübt, wie in einem Kanal, wo das Waſſer ruhig ſtände und ſeine Oberfläche vollkommen wagrecht wäre.

Alle Flüſſe zeigen hin und wieder in ihren Betten Anhöhen und Abhängen, Plätze, wo das Waſſer mit ſchnellem Schuß fortſtröhmt, und wieder andere, wo es faſt ohne merkliche Bewegung fortſchleicht. Man ſieht alſo, daß, wenn gleich ſämtliche Querſchnitte nicht ſo angeſehen werden könnten, als ob ſie von den nebenliegenden Querſchnitten nur den Druck litten, den ſolche auch auf ſie ausüben, man doch wenigſtens dieſes zugeben

*) Wenn das Gefälle auf 200 Meilen oder 570000 Lachter nur 12, alſo auf 47500 Linien oder 330 Fuß erſt eine Linie beträgt, ſo iſt wohl kein Werkzeug und keine Art von Meſſung fähig, dieſe Lage von der horizontalen zu unterſcheiden. Die Angabe von 12 Lachter kann alſo ſelbſten ſchon nichts mehr ſagen, als daß ſich durch kein Werkzeug einige Abweichung von der Horizontallinie entdecken laſſe. Denn obgleich die Meſſung durchs Barometer den Vortheil gewährt, daß man dabei das Gefälle nicht aus einzelnen für die ſchärfſten Sinne immer noch ganz unmerklichen Theilchen zuſammenzuſetzen braucht, ſondern die Wirkung vom geſammten Gefälle zuſammen auf einmal erhält, ſo weiß man doch, daß auch für ſolche die Höhe von 12 Lachter noch zu gering iſt, als daß der dabei mögliche Fehler nicht in Betracht kommen ſollte, ſobald von Gegenden die Rede iſt, die 200 Franzöſ. Meilen von einander entfernt ſind.

ben müſſe, daß die Flüſſe, ſie mögen ſich nun in ihrem gewöhnlichen Stand befinden oder beträchtlich angeſchwollen ſein, aus keiner zahlloſen Menge abgeſonderter Maſſen zuſammengeſetzt ſein, welche gegen einander gar keinen Druck ausüben, da ſich ſolche offenbar in einerlei Richtung mit abwechſelnder bald ſtärkerer bald ſchwächerer Geſchwindigkeit fortbewegen. Die Bewegung kommt zwar darinnen in einen unveränderlichen Stand; aber dieſe Unveränderlichkeit bezieht ſich nur auf jede einzelne Stelle, ſo daß ſolche an jeder Stelle einmal wie das anderemal bleibt, nicht aber, daß ſie an einer Stelle eben ſo groß wäre wie an einer andern. Mit dem im Flußbette enthaltenen Waſſer hat es nicht die Bewandniß wie mit Waſſer, das in Behältern oder Röhren von allen Seiten eingeſchloſſen iſt. Die Wirkung des Waſſers am Urſprung des Fluſſes auf das in der Mitte oder am Ende deſſelben befindliche iſt alſo bloß eingebildet. Ich will einige von den Folgen nennen, welche ſich aus der Galileiſchen Lehre ergeben müßten, wenn ſolche richtig wäre.

Wann in den Flußbetten die obern Waſſer auf die untern wirkten, ſo müßte man, wenn jene verſperrt würden, den letztern in ihren Lauf Abbruch thun.

Eben ſo müßten, wenn die obern Waſſer einen Zuwachs erhielten, die Bewegung der untern plötzlich auf gleichförmige Weiſe verſtärkt werden; ja, wenn die Bewegung um ſo viel beträchtlicher wäre, je geringer der Abſtand von dem zufließenden Waſſer wäre, ſo könnten Anſchwellungen und Ueberſchwemmungen in den Flußbetten an ſolchen Stellen entſtehen, wo die Zaflußwaſſer noch gar nicht angelangt wären.

Wenn man überlegt, daß die Flüsse nahe bei ihrer Mündung in jedem Zeittheilchen alle die Wasser abgeben, welche sie von allen kleinen und großen Flüssen, die sich in sie ergießen, in eben dem Zeittheilchen erhalten; wenn man bemerkt, daß die Regen niemalen ganz allgemein sind, und daß also niemalen alle kleinere Flüsse, die sich in einen großen ergießen, zugleich anwachsen; und wenn man sich endlich erinnert, daß an allen den Orten, wo sich schnelle und beträchtliche Anschwellungen ergeben, die Geschwindigkeit der Wasser schnell wächst, und ungemein beträchtlich wird; so wird man begreifen, daß die neu hinzukommende Wassermenge, welche plötzlich in das Bett eines Flusses stürzen kann, nichts weiter ausmacht, als, so zu reden, eine unendlich kleine Masse in Vergleichung mit derjenigen, welche aus der Vereinigung aller Wasser oberhalb der Stelle, wo die Anschwellung erfolgt, entsteht. Eine sehr kleine Masse könnte also eine andere von eben dem Stoff und unermeßlicher Größe nicht nur erschüttern, sondern sogar in Bewegung setzen, ohne daß der Widerstand, den solche entgegensetzt, die Geschwindigkeit von jener im mindesten ändert, eine Geschwindigkeit, die immer eine bestimmte Grenze hat, und niemalen über 12 Fuß in einer Sekunde beträgt, ja in unendlich vielen Fällen weit geringer ist.

„Wenn eine Anschwellung der Wasser eintreten soll, „sagt Hr. v. Büffon, Theorie de la Terre Tome „II. page 56. so werden solches die Schiffleute an einer „besondern Bewegung gewahr, die sie im Wasser bemerken; sie sagen, der Fluß bewege sich am Boden, „d. i. das Wasser schieße am Boden des Flusses schneller als gewöhnlich fort. Diese Vergrößerung der Ge-

„schwin-

„schwindigkeit des Wassers am Boden des Flusses, sa„gen sie, kündigt allemal eine baldige und schnelle An„schwellung des Flusses an. Die Bewegung und der „Druck der obern Wasser, welche noch nicht angelangt „sind, hören nicht auf, gegen die Wasser im untern „Theil des Flusses zu drucken, und theilen solchen die „Bewegung mit. Denn man hat in verschiedenem Be„tracht einen eingeschlossenen und in seinem Bette fort„fließenden Strohm so anzusehen, wie eine Wassersäu„le, die in einer Röhre abschießt, und den ganzen Fluß „wie einen sehr großen Kanal, worinnen sich die Be„wegungen von einem Ende bis zum andern fortpflanzen „müssen.„

Wir haben kurz vorher gewiesen, daß die untern Wasser der Flüsse keinen Druck von den obern anszuhalten haben. Man braucht gar nicht auf diese Voraussetzung zurück zu gehen, um diese Erscheinung, welche Hr. von Büffon erzählt, zu erklären. Das Anwachsen der Flüsse, so hoch sie auch immer anschwellen mögen, geschieht nach und nach; und in den großen Ströhmen erfolgt diese Anschwellung noch um so viel unmerklicher, weil nicht alle Flüsse, welche sich in jene ergießen, zugleich anwachsen. Wenn also das Wasser am Boden eines Flusses schneller als gewöhnlich fortschießt, so ist das ein Beweis, daß der Fluß alsdann im Wachsen ist, und daß die ersten Wasser, welche ihm weiter oben zugeflossen sind, da anlangen, wo die Veränderung der Geschwindigkeit merklich wird; aber diese Veränderung der Geschwindigkeit kann nicht allemal eine baldige und schnelle Anschwellung des Flusses ankündigen. Dieser Erfolg muß nothwendig nach der Stärke der Fluthen verschieden sein. Er

kann unbeträchtlich bleiben und bald vorübergehen, wenn die Fluthen unbeträchtlich ſind und ſich bald verliehren; unbeträchtlich und doch anhaltend, wenn die Fluthen unbeträchtlich und anhaltend ſind; beträchtlich und von kurzer Dauer, wenn die Fluthen beträchtlich und von kurzer Dauer ſind, und endlich beträchtlich und anhaltend, wenn die Fluthen beträchtlich und anhaltend ſind.

Fünfter Abſchnitt.

Vom Gefälle der Flüſſe.

261.

Alle Flüſſe nehmen ihren Anfang in Gebürgen, und endigen ihren Lauf im Meer oder Seen. Das Gefälle ihres Betts iſt alſo deſto größer, je höher die Lage der Oerter iſt, wo ſie entſtehen, und je kürzer die Strecke von ihrem Urſprung bis zur Mündung iſt. Uebrigens läßt ſich dieſe Strecke nicht durch den kürzeſten Weg von ihrem Urſprung bis zu ihrer Mündung ausdrucken, ſondern nach den wirklichen Gang des Flußbettes mit allen ſeinen Krümmungen.

Die Stellen, wo der Rhein, die Rhone und die Donau entſpringen, liegen alle in gleicher Höhe der Alpen; da aber der Gang der Donau länger iſt, ſo hat ſie ein geringeres Gefälle als die beiden andern Flüſſe. Auf eben dieſem Grund beruht der Unterſchied der Gefälle der Dürance und des Poſluſſes, und der Flüſſe Maragnon und Emeraudes.

262. Das Gefälle der Flüſſe iſt nicht auf die ganze Strecke gleichmäßig vertheilt; es iſt gewöhnlich ſehr ſtark, ſo lange ſolche in bergichten Gegenden ſtröhmen

und

und in ſchmalen Betten; es iſt wenig merklich, wenn ſie in ebenen Gegenden fortſchleichen, und wenn ihre Waſſer ſich über große Flächen ausbreiten und einen See bilden können.

Der Unterſchied in der Erhöhung zwiſchen dem Urſprung eines Fluſſes und ſeiner Mündung kann oft ſehr beträchtlich ſein, ohne daß das Gefälle des Flußbetts ſonderlich merklich iſt; dieſes ereignet ſich, wenn der Lauf dieſes Fluſſes durch häufige Waſſerfälle unterbrochen wird, und die Gegend unterhalb jedem Fall flach iſt. Das mitternächtliche Amerika, Afrika ꝛc. haben eine Menge anſehnlicher Ströhme, auf welchen man wegen ihres ſchwachen Gefälles leicht rückwärts fährt, und welche oft ohne die Waſſerfälle, welche ihren Lauf unterbrechen, nicht ſchiffbar ſein würden. Man iſt zwar, um über die Waſſerfälle wegzukommen, genöthigt, die Schiffe von Laſtthieren wegführen zu laſſen, oder andere zu gebrauchen; aber dieſe Ungemächlichkeit wird durch den Vortheil auf einer viel größern Strecke leicht und ſicher wieder fortſchiffen zu können, hinlänglich vergütet. *)

263. Die Flüſſe haben in der Nähe ihrer Mündung gewöhnlich ein höchſt ſchwaches Gefälle, und ſie

*) Der Hr. Verf. hat hierin vollkommen recht; wann man z. B. auf einen Fluß unterhalb einem Waſſerfall noch 30 Meilen weit mit einem mit Waaren belaſteten Schiff fortkommen kann, ſo läßt man ſich lieber die vom Hrn. Verf. erwähnten Ungemächlichkeiten gefallen, als alle Waaren zur Axe fortzuführen. Es ſind aber auch ſolche Ungemächlichkeiten nicht unvermeidlich, ſondern man entgeht ihnen völlig, und räumt der Schiffahrt alle Hinderniſſe aus dem Weg, wenn man in denen Gegenden, wo ſolche Waſſerfälle ſind, Schleuſen anlegt.

durchſtröhmen faſt allemal, bevor ſie ihren Namen verliehren, Ebenen, die nach denen ihnen anvertrauten Flüſſen gebildet ſind; aber der Theil ihres Strohms, wo ihre Oberfläche nicht merklich von der wagrechten Lage abweicht, wird weder durch die Menge noch durch die Schnelligkeit ihrer Waſſer beſtimmt; die Lage der Gegenden beſtimmt alles. Die Flüſſe könnten auf der Oberfläche der Erde keine große Veränderungen hervorbringen; ihre Waſſer drucken ſich gleichſam in der Form aus, welche ihnen jene darbietet. So oft erhabene Felſen, die an einander hängen und hart ſind, dem Lauf eines Fluſſes entgegen liegen, kann zwar der Strohm an ſolchen auf eine unmerkliche Weiſe Veränderungen bewirken, er wird aber doch genöthigt, ſich nach der unordentlichen Geſtalt ſolcher entgegenſtehenden Maſſen an ihrem äußern Umfang zu krümmen; ſie verrathen durch ihr Getöſe und durch die Verſchiedenheit ihrer Bewegungen die Hinderniſſe, welche ſie zurückhalten.

Es gibt an der Küſte von Afrika und in China ſehr viele Flüſſe, welche bei ihrer Mündung durch Felſen durchfließen; es gibt ſogar ſolche, welche in geringer Entfernung vom Meer durch Waſſerfälle unterbrochen werden. 1)

Wenn

1) Der Zaireſtrohm fällt mit ſolchem Ungeſtümm in den Ocean, daß ſein Strohm auf 30 bis 40 Meilen, ja zuweilen auf 80 Meilen weit vom Land noch ganz lebhaft iſt; die Matroſen trinken davon bis auf die gedachte Entfernung, und erkennen ſeine Waſſer an ihrer Dichtigkeit; inzwiſchen iſt er nur bis auf ohngefähr 25 Meilen ſchiffbar, indem er weiter hinaus durch Felſen enger zuſammengeſchloſſen wird, und daher mit einem Getöſe, das

Wenn ſich in Ströhmen von Strecke zu Strecke lſen finden, welche nach der ganzen Breite des Fluß- ts quer durchgehen, und wenn ſie zwiſchen ſolchen rellen über Materien wegfließen, welche ſie mit Mü- aus ihrer Stelle treiben, ſo wird ihr Gefälle durch : Lage jener Felſen beſtimmt; dieſes iſt ſogar auf dem nzen Zwiſchenraum gleichmäßig vertheilt, wenn die)meſſungen des Betts überall die nämlichen ſind.

264. Es iſt ein ſehr großer Irrthum, das Ge- lle der Flüſſe als eine Folge von der Vielheit und Ge-)windigkeit ihrer Waſſer anzuſehen; ſolches hängt le- glich von der Neigung der Thäler ab, welche ſie durch- ströhmen, und dieſe Neigung hat von der Natur unend- he Verſchiedenheiten.

Wie viele beträchtliche Ströhme gibt es nicht, wel- e nach einem ungeſtümmen Abſchuß von den Gebürgen ıdurch ihren Namen und ihre Geſchwindigkeit verlieh- n, daß ſie unermeßliche Behältniſſe anfüllen, 2) wel- e die Natur auf ihrem Weg ausgehöhlt hatte, und gar mehrmalen ſolche Abwechſelungen von Ruhe und Bewegung darſtellen! Ueberall ſind ſolche dem Abhang er Gegend, wo ſie fließen, gefolgt, 3) und es iſt eben

das ſich 7 bis 8 Meilen weit hören läßt, herabſtürzt. Hiſtoire générale des Voyages tom. IV. pag. 613.

2) Die Rhone, Adda, Teſin, Rhein ꝛc.

3) Der Rhein iſt in ſeinen Ueberſchwemmungen ganz ſonderbar, und ſeine Schiffahrt mit Schwierigkeiten verknüpft, ſowohl wegen ſeiner Geſchwindigkeit, als wegen der Einſchnitte, die er in ſeinem Lauf macht, wo man eine Menge Inſeln ſieht, die mit Geſträuchen bedekt

heiten, und wird nirgends durch Wasserfälle plötzlich abgeändert. Auch die Rhone wird von Lyon an bis ins Meer nicht mehr durch Wasserfälle unterbrochen.

266. Man findet in dem Werk des Hrn. v. Buat den Ausdruck für das Gefälle der Flüsse aus der Bestimmung ihrer Breite, Tiefe und Geschwindigkeit hergeleitet; gesetzt aber auch, daß diese Dinge leicht zu bestimmen wären, und daß das aus ihnen folgte, was dieser Schriftsteller daraus herleitet, so würde es doch allemal sehr weitläuftig sein, sich dieses Mittels zu bedienen. Es ist in unzähligen Fällen ohnstreitig von Wichtigkeit, das Gefälle eines Flusses genau zu kennen. Man hat aber alsdann gar nicht nöthig, eine nothwendig ungewisse Theorie dabei zu Rath zu ziehen; man darf ohne weitere Umstände, und zum Zweck der Sicherheit, seine Zuflucht zu den Abwägungsregeln nehmen.

Bei allen Flüssen ist der Abhang der Oberfläche weit regulärer und einförmiger, als das Gefälle des Bodens. Man wird den Grund hiervon einsehen, wenn von der Anordnung der Flußbetten die Rede sein wird.

Sechster Abschnitt.

Von der Geschwindigkeit der Flüsse.

267.

Die Flüsse behalten öfters auf ihrem ganzen Lauf einerlei Namen; so wie sie sich aber von ihrem Ursprung immer mehr entfernen, so ändert sich ihre Wassermenge, ihre Richtung, ihr Gefälle und ihre Geschwindigkeit beständig ab, und geben daher Veranlassung zu einer unendlichen Menge verschiedener Erscheinungen.

Man

Man hat wenig zuſammenhängende Beobachtun-
n über die Geſchwindigkeit der Flüſſe in den verſchiede-
n Gegenden ihres Laufs und nach den verſchiedenen Er-
hungen, welche ihre Waſſer erreichen. Dergleichen
rfahrungen ſind ſchwer zu erlangen, und ſelbſt die Ge-
zenheit dazu iſt ſehr ſelten, ſobald die Flüſſe eine be-
ichtliche Breite haben, und wenn ſie ſo reißend ſind,
ß man auf ſolchen nicht ohne viele Umſtände rückwärts
kommen vermag.

Uebrigens hat wohl nichts eine ſo vielfache und ſo
beſtimmte Bedeutung, als das, was man unter ei-
m reißenden Strohm verſteht. *) Dieſer Ausdruck
rd ſehr oft in Reiſebeſchreibungen gebraucht. Wenn
h ein Reiſender zu Waſſer deſſelben bedient, und wenn
die Schwierigkeit ausdrucken will, die er gefunden hat,
m Fluß hinauf zu fahren, ſo ſagt er, es ſei derſelbe
hr reißend. Man darf aber daraus nicht ſchließen,
ß die Geſchwindigkeit des Waſſers ſonderlich beträchtl
h ſei; man kann ſich hiervon nur in ſo weit richtige
egriffe verſchaffen, als man den Raum genau mißt,
elchen leichte in dem Fluß ſchwimmende Körper in einer
gebenen Zeit durchlaufen. Wenn man alſo bei Schrift-
llern folgende Stellen findet: „die Rhone iſt der reiſ-
endſte Strohm in Frankreich .... die Dürance iſt
außerordentlich reißend .... der Yeminfluß eilt
ach Nordoſt dem Kaſpiſchen Meer zu; ſein Strohm
ſt außerordentlich reißend, aber nicht ſonderlich
„tief

*) Der Hr. Verf. unterſcheidet hier ganz ſichtbar die beis
den Ausdrücke rapidité und viteſſe von einander, und
ich habe daher jenen durch reißend, dieſen durch ge-
ſchwind überſetzt.

Hr. de la Condamine erzählt in der Beschreibung seiner Reise auf dem Amazonenfluß, daß er mit Aufmerksamkeit die Geschwindigkeit derer vom Gebürge Cordillera herabkommenden Flüsse gemessen habe, er erwähnt aber in seinem gedruckten Tagebuch nichts weiter davon, als die Geschwindigkeit des Maragnons bei der berühmten Enge des Pongo. Er erzählt, daß er da, wo er am schmälsten ist, 2 Lachter in 1 Sek. zurückgelegt, und doch noch nicht mit dem Wasser völlig gleiche Geschwindigkeit gehabt habe; *) überdas befuhr er diese Gegend zu keiner Zeit, wo das Wasser hoch stande. Seine Schiffer fanden anfangs den Wasserstand dieses Flusses noch zu hoch, und hielten ihn deswegen 2 Tage lang zurück; in dieser Zwischenzeit fielen die Wasser beträchtlich. „In 36 Stunden fiel der Fluß um 25 Fuß, „und er nahm noch immer sichtbar ab. Hierauf ragte „ein starker Ast eines vom Wasser bedeckten Baums her„vor, der sich mit dem Holzwerk seines Flöses verwickel„te,

*) Diese Geschwindigkeit übertrifft die des Rheins bei weitem. Ich fuhr auf demselben mit einem kleinen Kahn von Koblenz aus etwa 220000 Rhein. Fuß in Zeit von 12 Stunden, wo ich mit dem Wasser ohngefähr einerlei Geschwindigkeit hatte; diese betrug also etwa 18000 Fuß in 1 Stunde, oder 5 Fuß in 1 Sek. Der oben §. 264. angeführte Tesin müßte nach Guido Grandi ohngefähr $7\frac{1}{2}$ Rhein. Fuß in 1 Sek. durchlaufen; die Geschwindigkeit der Seine, wo sie am schnellsten ist, soll nach Mariotte nur $3\frac{3}{4}$ Pariser Fuß betragen, und die Geschwindigkeit der Donau nach Boters Berechnung $4\frac{1}{2}$ Fuß, nämlich nahe an der Oberfläche, die aber Guielmini seiner Theorie zu gefallen, zu $9\frac{1}{3}$ Fuß vergrößert. s. Hrn. Hofr. Kästners Hydrod.

, und immer mehr eindrange, je tiefer ſolches zu-
leich mit dem Waſſerſpiegel niederſank; und wäre er
ch nicht gegenwärtig und wachſam geweſen, ſo ſahe er
ch ſchon auf dem Punkt mit ſeinem Flös an dem Aſt
nes Baumes befeſtigt, in freier Luft ſchweben zu
eiben, wo es noch das geringſte, das ihm hätte be-
egnen können, geweſen wäre, daß er alle die mit ſei-
en Beobachtungen angefüllte Tagebücher und Papiere,
ie Frucht einer achtjährigen Arbeit hätte einbüßen müſ-
n. Glücklicherweiſe fand er endlich noch Mittel, den
ſt abzuhauen, und hiermit das Flös wieder in freien
uf zu bringen.„

Es erhellet aus dieſem Auszug, daß, wenn der
aß in den letzten 12 Stunden vor der Abreiſe des Hrn.
la Condamine in eben der Verhältniß, wie in den
ten 36 Stunden gefallen wäre, der Waſſerſtand in
ſen 2 Tagen wirklich um 33 Fuße vermindert worden
re. Es iſt aber nicht zu zweifeln, daß dieſer Schrift-
ller eine größere Geſchwindigkeit beobachtet haben wür-
, wenn er ſich dem Lauf des Strohms zu der Zeit
erlaſſen hätte, da das Waſſer um 5 Lachter höher
nd. *) „Endlich wurde in dem Pongo die Bewe-
ung des Waſſers auf der Oberfläche ſehr unordentlich.
In mehrern Stellen iſt die Gewalt des Strohms ſo
tark, daß, obgleich er keine eigentliche Waſſerfälle
„hat,

*) Dieſe und noch andere Beobachtungen, z. B. vom Te-
ſin und der Dûrance, widerlegen alſo des Hrn. de la
Hire Behauptung, daß keiner der ordentlichen Flüſſe
6 Fuße in 1 Sek. mache. Mem. de l'Acad. des Scien-
ces 1702. obgleich dieſer Satz für die allermeiſten
Fälle wohl ſeine Richtigkeit hat.

„geachtet noch ein wenig kleiner, als diejenige, welche „Hr. de la Condamine in ſeiner Reiſebeſchreibung auf „dem Maragnonſtrohm im Pongo bemerkt. Inzwiſchen zweifle ich nicht, daß der Santafluß, wenn „er ſeinen höchſten Stand erreicht hat, das Waſſer des „Pongo in der Geſchwindigkeit noch übertrifft; und „was mich hierin beſtärkt, iſt dieſes, daß derſelbe, da „wir die Beobachtungen anſtellten, grade ſeinen allernie„drigſten Stand hatte.„ Voyage au Pèrou de Ulloa tom. I. pag. 417.

Ich habe die Durance an mehrern Stellen ihres Laufs von Siſteron an bis zu ihrem Ausfluß in die Rhone zu einer Zeit gemeſſen, wo ihre Waſſer zwar trübe, doch aber wenig angewachſen waren. Ich fand ihre Geſchwindigkeit an verſchiedenen Stellen zu 8 Fuß in einer Sekunde, und niemalen größer als 10 Fuß. Sie ſchien mir deſto ſchwächer zu werden, je näher ich ihrer Mündung kam; ſie hatte nämlich alsdann immer mehr Tiefe und weniger Gefälle.

Ich zweifle gar nicht, daß ſie bei ihrem ſtärkſten Anwuchs in vielen Gegenden ihres Strohms eine Geſchwindigkeit von 12 bis 15 Fuß haben müſſe. Es iſt inzwiſchen ſehr ſchwer, ſich hiervon durch unmittelbare Beobachtungen zu überzeugen. Der Hauptſtrohm iſt alsdann gewöhnlich von den Ufern weit entfernt und nicht zu beſchiffen.

Das Gefälle der Flüſſe iſt die Haupturſache ihrer Geſchwindigkeit. Sie ſchießen wirklich von ihrem Urſprung an bis zu ihrer Ergießung ins Meer über ſchiefe Flächen ab. Nach der Theorie des Galileus ſollten ſie bei ihrem Fortgang immer reißender werden, aber in der Natur

latur findet ſolches nicht ſtatt. Der Widerſtand des bodens und der Ufer bringt die Bewegung der Waſſer ld zur Gleichförmigkeit; und wenn das Gefälle hier- lchſt abnimmt, ſo nimmt auch zugleich die Geſchwin- gkeit ab. Man bemerkt nur, daß in einem und eben m Strohm die Waſſer eine deſto größere Geſchwindig- it erlangen, je mehr das Waſſer darin anwächſt. Das ißt aber nicht ſo viel, als ob alsdann ihre Geſchwin- gkeit auch bald zur Gleichförmigkeit käme, ſondern weil r Widerſtand des Bodens und der Ufer einerlei bleibt, muß eine größere Waſſermaſſe nothwendig eine größe- Geſchwindigkeit erlangen und behalten. Wenn in a Gebürgen losgebrochene Maſſen herabſtürzen, ſo rchlaufen allemal die größten Felſenſtücke den größten aum, und verliehren ihre Bewegung am ſpätſten.

283. In den Gebürgen iſt das Gefälle der Ströh- gewöhnlich ſehr groß, aber ihre Maſſe iſt alsdann ht ſonderlich beträchtlich. Die Ungleichheit ihres Betts, e Beugungen und die Felſen, gegen die ſie anſtoßen, dern und beſtimmen alle Augenblick ihre Geſchwindig- t. Sogar, um ein ſehr auffallendes Beiſpiel zu ge- , bemerkt man, daß die Flüſſe, welche ſich von Si- non an mit einem Gefälle in die Dürance ergießen, r größer als das Gefälle dieſes Strohms iſt, durch- s in jedem Zuſtand, worin ſie treten können, weniger ßend ſind. Dieſes würde ſich aber anders verhalten, n die Maſſe ihrer Waſſer eben ſo beträchtlich wäre, in der Dürance; ihre Geſchwindigkeit müßte noth- dig größer werden, als in dieſem Strohm.

Wenn durch die Wirkung der unterirdiſchen Feuer unermeßlichen Schneemaſſen plötzlich geſchmolzen, und

mit beträchtlichem Gefälle abgeſchoſſen ſind, ſo war die mittlere Geſchwindigkeit dieſer Waſſer größer als in irgend einem vorhandenen Fluß. Bei der Ueberſchwemmung, welche durch den Ausbruch von Cotopaxi 1) verurſacht wurde, betrug die mittlere Geſchwindigkeit 4 Lachter in einer Sekunde.

Wir

1) „Was den letzten Feuersausbruch betrifft, den von 1742, „welcher ſich in unſerm Beiſein ereignete, ſo hat ſolcher „einzig durch das Schmelzen des Schnees Schaden an„gerichtet, ob er gleich einen neuen Ausgang ſeitwärts „gegen die Mitte der Höhe eröfnet hat. Man hatte „zwo plötzliche Ueberſchwemmungen, die eine vom 24. „Jul. und die andere vom 9. Dezemb. Letztere war „aber bei weitem größer; das Waſſer hatte bei ſeinem „erſten Ungeſtümm den Platz, welchen wir zu einem „Standort bei unſerm ſechſten und ſiebenten Triangel zu„gerichtet hatten, gänzlich verwüſtet; hierauf ſtieg es „an verſchiedenen Orten auf eine Höhe von 120 Fuß. „Ohne der unendlichen Menge von Thieren zu gedenken, „die es mit ſich fortriſſe, richtete es fünf bis ſechs hun„dert Häuſer zu Grund, und acht bis neun hundert Per„ſonen verlohren dabei ihr Leben. Alle dieſe Waſſer „hatten ſüdwärts im Gebürge Cordillera 18 bis 19 Mei„len zu durchlaufen, oder vielmehr zu verwüſten, bevor „ſie am Fuß von Tongûrara ihren Ausgang fanden; „dieſen Weg zurückzulegen brauchten ſie nur 3 Stunden.„ Mem. de l'Acad. 1744. p. 272. M. Bouguer.

In den Jahren 1743 u. 1744. verurſachte eben der Vulkan ähnliche Verwüſtungen und erſchreckliche Ueberſchwemmungen. Man findet die umſtändliche Erzählung davon in der Beſchreibung der Reiſe nach Peru von Dom. George Juan p. 354.

Wir haben (§. 187.) bewieſen, daß die Geſchwindigkeit der Flüſſe bei verſchiedenen Tiefen, inſofern man dem Widerſtand des Bodens und der Ufer beiſeit ſetzt, gleich groß ſein ſollte, wenn das Gefälle und die Geſtalt des Betts auf eine beträchtliche Strecke a) regulär wären. Die Erfahrung beſtätigt die Wahrheit dieſes Sa-

a) Nähme die Geſchwindigkeit des Waſſers mit der Tiefe zu, wie Gulielmini gelehrt hat, ſo wäre es unmöglich, die Flüſſe nach ihrer Teufe zu unterſuchen, welche eine große Tiefe haben. Es hat aber Hr. de la Condamine gar kein Hinderniß gefunden, da er den Maragnon in der Teufe unterſuchen wollte. Da, wo dieſer Fluß anfängt, ſchiffbar zu werden, fand er ihn 135 Lachter breit; da aber mehrere Flüſſe, die er oberhalb aufnimmt, breiter ſind, ſo urtheilt Hr. de la Condamine, daß er eine große Teufe haben müſſe. Er brauchte nämlich eine 28 Lachter *) lange Schnur, erreichte aber hiermit den Boden nur in etwa einem Drittheil von der Breite des Fluſſes. In der Mitte des Betts, wo die Geſchwindigkeit eines dem Strohm überlaſſenen Boots $\frac{1}{4}$ Lachter in 1 Sek. betrug, konnte er nicht abſenkeln. Berechnet man die Geſchwindigkeit, welche das Waſſer haben mußte, nach dem Gulielmini, ſo müßte das Waſſer des Maragnons in der Teufe von 28 Lachter *) mehr als 90 Fuß in einer Sekunde betragen. Hätte es mit dieſer Theorie ſeine Richtigkeit gehabt, ſo würde man daraus unendliche Vortheile für die Schiffahrt haben ziehen können. ꝛc. Wir wollen uns aber bei dergleichen grundloſen Einbildungen nicht länger aufhalten.

*) Ich muß erinnern, daß hier im Original nicht toiſes, ſondern braſſes gebraucht worden iſt, aber meines Wiſſens beziehen ſich beede Wörter auf einerlei Maaß, nur daß letzteres beſonders bei Teufenmeſſungen auf dem

Meer

[illegible] an allen solchen Stellen, wo die von uns bemerkten Umstände eintreten. Wenn man bemerkt hat, daß an gewissen Stellen des Strohms die größte Geschwindigkeit bald auf der Oberfläche bald aber in verschiedenen Tiefen war, so würden solche Erscheinungen nicht mehr befremdet haben, wenn man nur darauf Acht gehabt hätte, daß sie von besondern Ursachen herrühren, z. B. von Körpern, die dem Strohm im Weg liegen, oder von Vertiefungen des Betts. In diesem letzten Falle ist allemal die Geschwindigkeit an der Oberfläche größer, weil die in der größten Tiefe fließenden Wasser fast allemal genöthigt werden, entweder unter schwächerem Gefälle, als die obern Wasser fortzufließen, oder gar über eine schiefe Fläche, die nach einer dem Strohm des Flusses entgegengesetzten Richtung abhängt. Unterhalb denen im Weg liegenden Körpern ist es umgekehrt, weil sich oberhalb denselben das Wasser staut, folglich unterwärts wieder fallen muß. Nun ist aber da, wo ein Fall entsteht, die Geschwindigkeit an der Oberfläche allemal geringer.

269. Würde die Geschwindigkeit der Flüsse beständig fort nach den Gesetzen schwerer Körper längst den schiefen Ebenen beschleunigt, so könnte man sich dieser Geschwindigkeit bedienen, um daraus die Höhe der Oerter zu bestimmen, wo sie ihren Anfang nehmen. Ausserdem aber, daß ein Fluß, je mehr er sich von seinem Ursprung entfernt, durch den Beitritt anderer Flüsse von verschiedenem Gefälle und verschiedenen Geschwindigkeiten allmäh-

Meer und in Flüssen gebräuchlich ist. Man bedient sich in diesen Fällen auch wohl im Deutschen des Worts Faden statt Lachter.

allmählig verstärkt wird, so ist ausgemacht, daß sie da, wo sie sich ihrer Mündung nähern, eine geringe Geschwindigkeit haben. Würde man wohl die Geschwindigkeit der Rhone bei Arles 1) als die Wirkung des freien Falls von einer Höhe von 188 Lachter ansehen? Dieses ist aber die Höhe des Genfersees über der Meeresfläche.

Es kann in manchem Fall nützlich sein, die wahre Geschwindigkeit eines Flusses, wenn solche gleichförmig geworden ist, so anzusehen, als ob sie durch den freien Fall von einer gewissen Höhe entstanden wäre; man muß aber diese Geschwindigkeit nicht als den Ueberschuß von derjenigen betrachten, welche durch die Hindernisse verlohren worden ist, indem die Geschwindigkeit eines Flusses weder auf eine gleichförmige Weise zu- noch abnimmt.

Wir haben gesehen, daß die Geschwindigkeit hauptsächlich von dem Gefälle abhänge. Wir haben aber auch bemerkt, daß eine größere Wassermenge bei eben dem Gefälle eine größere Geschwindigkeit erlange und behalte. Man muß hieraus schließen, daß die größte Geschwindigkeit weder auf die Stelle, wo das Gefälle am stärksten ist, noch auf die, wo die größte Wassermenge beisammen ist, fallen muß, sondern auf diejenige Stelle, wo beide Wirkungen, das Gefälle und die

1) Ich habe diese Geschwindigkeit zu einer Zeit gemessen, wo der Fluß sehr tief gefallen war; ich habe sie nur zu $4\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde an solchen Stellen befunden, wo der Strohm am stärksten war. Zu eben der Zeit hatte dieser Fluß zu Beaucaire eine Geschwindigkeit von etwa 8 Fußen.

Wassermenge, zusammengenommen, die grösste Summe geben. *)

271. Man sieht also, daß beim Lauf eines Flusses diejenige Stelle, wo die grösste Geschwindigkeit statt findet, sowohl von seinem Ursprung als von seiner Mündung weit entfernt sein muß. So habe ich die Durance bis Pertüis reißender befunden, als ober- oder unterhalb dieser Strecke. Die Rhone ist in der Gegend der Heiligengeistbrücke reißender als bei Lyon und Arles. Der Maragnon ist reißender in der Enge des Pongo, wo er schon 240 Meilen zurückgelegt hat, als in allen weiter oben oder unten gelegenen Stellen, wo Hr. de la Condamine seine Geschwindigkeit messen konnte. Ich würde eben so viele Beispiele, als man Flüsse hat, anführen können, wenn man von den Geschwindigkeiten in den verschiedenen Gegenden ihres Laufs Beobachtungen hätte.

272.

*) Es ist doch wohl noch unentschieden, ob die Geschwindigkeit von der Summe oder dem Produkt gedachter beiden Größen abhängt. Letzteres kann aber größer sein, wo erstere kleiner ist. Es sei z. B. an einer Stelle die Wassermenge = 8, das Gefälle = 2, also die Summe = 10; an einer andern die Wassermenge = 5, das Gefälle = 4, also die Summe = 9; richtet sich nun die Geschwindigkeit nach der Summe, so müßte sie in jenem Fall größer sein als in diesem, weil $10 > 9$ ist. Hingegen ist in jenem Fall das Produkt $8 \cdot 2 = 16$, in diesem $5 \cdot 4 = 20$; richtet sich also die Geschwindigkeit nach dem Produkt, so müßte sie in jenem Fall kleiner sein als in diesem, weil $16 < 20$ ist. Und mich dünkt sogar, letzteres sei der Natur der Sache angemessener.

272. Man muß einen sehr wichtigen Unterschied machen zwischen der Geschwindigkeit eines Flusses an denjenigen Stellen seines Betts, wo sein Lauf nach einem plötzlichen und beträchtlichen Zuwachs erst zu einer Gleichförmigkeit anwächst, und derjenigen Geschwindigkeit eben des Flusses an eben den Stellen, wenn sein Lauf schon vollkommen gleichförmig geworden ist.

Wir wollen setzen, der Fluß habe seine größte Höhe und eine gleichförmige Bewegung erlangt, so ist es offenbar ganz wohl verstattet, ihn so anzusehen, als ob er durch einen Vorrathsbehälter, worin das Wasser die gehörige Höhe hätte, voll erhalten würde. Wenn man aber annimmt, das Wachsthum des Strohms erfolge in einer gegebenen Stelle desselben plötzlich, so ist dieser Fall mit dem einerlei, wo man das Wasser in dem Augenblick beobachtet, wo es aus dem Behälter in einen Kanal abschießt, um darin seinen Lauf fortzusetzen. So lange nun die Höhe des Behälters eine größere Geschwindigkeit bewirken würde, als diejenige ist, welche die lebendige Höhe des Wassers im Kanal hervorbringen kann, wird die Bewegung des Wassers im Kanal nothwendig beständig verzögert; sie wird es auch so lange, als das Gefälle nicht hinreichend ist, eine Beschleunigung hervorzubringen, welche die Wirkung des Widerstands am Boden und an den Ufern in Rücksicht auf die mittlere Geschwindigkeit übertrifft; sie wird endlich auch nach der Verhältniß verzögert, in welcher die Oberfläche des Kanals in Vergleichung mit der Wassermenge, welche darinnen fortfließen muß, kleiner wird, und je länger der Kanal ist.

Alle diese Erfolge fanden bei denen Beobachtungen statt, welche der Hr. Abt Bossut angestellt hat, um bei

ver-

verſchiedenen Höhen des Behälters und bei verſchiedenem Gefälle, die Verhältniß der Geſchwindigkeit des zuerſt aus dem Behälter herausſchießenden Waſſers zu der nachherigen Geſchwindigkeit des Waſſers, wenn das Waſſer längſt dem ganzen Kanal in ſeinen beharrenden Lauf gekommen iſt, zu beſtimmen.

Aber auf der größten Strecke vom Lauf eines Fluſſes iſt das Gefälle wenig merklich, und die Geſchwindigkeit kommt, in Vergleichung mit derjenigen, welche die lebendige Höhe des Waſſers hervorbringen könnte, wenig in Betrachtung. Es brauchte nämlich in einem Behälter, der dazu dienen ſollte, einem Kanal beſtändigen Zufluß zu verſchaffen, das Waſſer nur einen Fuß 8 Zoll hoch über der Oefnung zu ſtehen, um dem ausfließenden Waſſer eine Geſchwindigkeit von 10 Fuß in 1 Sekunde zu verſchaffen.

Nimmt man an, es trete eine Waſſermaſſe zu 6 Fuß hoch plötzlich in das Bett eines Fluſſes, ſo gehört die mittlere Geſchwindigkeit nur $\frac{2}{3}$ der lebendigen Höhe des Waſſers zu; dieſe $\frac{2}{3}$ von 6 Fuß betragen aber 2 Fuß 8 Zoll. Die zu dieſer Höhe gehörige Geſchwindigkeit beträgt 12 Fuß 7 Zoll 9 Linien. Oben (§. 159.) habe ich bewieſen, daß man hiervon nur die Hälfte nehmen dürfe, man erhält alſo für die von der lebendigen Höhe hervorgebrachte mittlere Geſchwindigkeit, die Hinderniſſe beiſeit geſetzt, 6 Fuß 3 Zoll 10 Linien.

273. Es iſt ohnſtreitig ein ſehr großer Vortheil, die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers beſtimmen zu können, wenn man zu wiſſen verlangt, wieviel Waſſer in einer gegebenen Zeit davon fließen kann; wenn aber die Rede davon iſt, die Wirkungen zu beſtimmen, welche

che dieſes Waſſer im Abfließen hervorbringt, ſo muß man ſich hüten, dieſe mittlere Geſchwindigkeit, die nur in der Einbildung gegründet iſt, zu gebrauchen; man muß diejenige in Anwendung bringen, welche in jeder einzelnen Schichte ſtatt findet. Es iſt aber, wenn die lebendige Höhe des Waſſers 6 Fuß beträgt, die Geſchwindigkeit der unterſten Schichte, die Hinderniſſe beiſeit geſetzt, 18 Fuß 11 Zoll 8 Linien nach der gemeinen Theorie; nimmt man nun hiervon, wie ich gelehrt habe, nur die Hälfte, ſo erhält man für die Geſchwindigkeit der unterſten Schichte 9 Fuß 5 Zoll 10 Linien *) in 1 Sekunde.

274. Man ſieht alſo, daß bei Anſchwellungen, je nachdem ſolche ſchneller und ſtärker ſind, die unterſten Schichten der beiſtröhmenden Waſſer eine größere Geſchwindigkeit haben, als die andern, und daß alſo dieſe Geſchwindigkeit die mittlere übertrifft. Es iſt aber in allen beträchtlichen Flüſſen, und vorzüglich in denjenigen Strecken ihres Laufs, wo das Gefälle wenig merklich iſt, die mittlere Geſchwindigkeit, welche man für $\frac{2}{3}$ von der lebendigen Höhe des Waſſers erhielte, faſt allemal weit größer als die wirkliche Geſchwindigkeit, wann der ganze Fluß durchaus in ſeinen beharrenden Lauf gekommen iſt. In dieſem Fall iſt die Geſchwindigkeit des Waſſers, das erſt ſeinen Lauf bildet, größer als wenn ſolcher ſchon hergeſtellt iſt. Jedoch muß die Anſchwellung ſchnell erfolgen; dann wenn ſolche nach und nach unmerkbar entſteht, ſo nimmt zwar

*) Nach dem Decimalmaas betragen 11 Zoll 8 Linien nur 118 Linien, welches halbirt 59 Linien oder 5 Zoll 9 Linien, alſo die Geſchwindigkeit der unterſten Schichte zu 9 Fuß 5 Zoll 9 Linien gibt, alſo eine Linie weniger als im Original.

zwar bei ungeändertem Gefälle die Geſchwindigkeit mit der Waſſermenge zu; aber dieſes Wachsthum der Geſchwindigkeit kommt mit dem in keine Vergleichung, welches die lebendige Höhe des Waſſers hervorbringen könnte, wenn ſolches frei herabfiele.

Es folgt hieraus, daß die größte Geſchwindigkeit, welche durch die lebendige Höhe des Waſſers hervorgebracht wird, bei der Stelle eintritt, wo die Anſchwellung am ſchnellſten und ſtärkſten erfolgt. Unterhalb dieſer Stelle nimmt die lebendige Höhe des Waſſers beſtändig ab, bis die durch dieſe Höhe bewirkte mittlere Geſchwindigkeit der wirklichen Geſchwindigkeit dieſes Waſſers über derjenigen Stelle gleich wird, wo der Zuwachs erfolgte.

275. Wenn aber das Gefälle beträchtlich iſt, ſo iſt die in den untern Schichten durch die lebendige Höhe des Waſſers hervorgebrachte Geſchwindigkeit öfters geringer als diejenige, welche die Beſchleunigung bei dieſem Waſſer in der Folge, wenn es ſeinen ordentlichen Lauf erlangt hat, bewirken kann. So habe ich auf der Durance in ſolchen Gegenden ihres Laufs, wo ihre Tiefe nicht über $3\frac{1}{2}$ Fuß betrug, bemerkt, daß ihre Geſchwindigkeit $9\frac{1}{2}$ Fuß in einer Sekunde ausmachte, da hingegen die durch den Druck auf die unterſte Schichte bewirkte Geſchwindigkeit nur 7 Fuß 2 Zoll 11 Linien betrug, und die mittlere Geſchwindigkeit nur 4 Fuß 9 Zoll 11 Linien.

276. Was ſolche Flüſſe anbetrifft, deren Waſſer ſchon eine beträchtliche Tiefe haben, wenn plötzliche Anſchwellungen darin erfolgen, ſo muß die Geſchwindigkeit, welche unterhalb entſteht, die mittlere zwiſchen der anfänglichen Geſchwindigkeit des Fluſſes vor der Anſchwellung

lung und derjenigen sein, welche das hinzuschießende Wasser bewirken kann, wobei man gehörige Rücksicht auf die jedesmaligen Wassermassen nehmen muß.

Es folgt hieraus, daß, je beträchtlicher ein Fluß ist, desto geringer der Einfluß sein müsse, welchen der Zufluß einer neuen Wassermenge auf seinen Zustand und auf seine Geschwindigkeit hat.

277. Wenn ich von tiefen Flüssen rede, so setze ich doch allemal voraus, daß der Boden ihres Betts einiges Gefälle habe, und daß alle ihre Wasser fortfließen; denn wenn von solchen Strecken der Flüsse die Rede wäre, wo beträchtliche Vertiefungen mit todtem Wasser angefüllt wären, so ist begreiflich, daß der erste Erfolg von denen neu hinzufließenden Wassern dieser sein würde, die Wasser, welche sie in diesen Vertiefungen antreffen würden, aus ihrer Stelle zu treiben; indem sie aber auf dieser Strecke ihren Lauf bilden, so müßten, je nachdem ihr Abfluß unterhalb mehr oder weniger frei, und ihre anfängliche Geschwindigkeit mehr oder weniger beträchtlich wäre, ihre Geschwindigkeit und Höhe über diesen Vertiefungen sehr verschieden sein.

278. Wären diese Aushöhlungen tief und über eine große Strecke ausgedehnt, bildeten sie z. B. Seen, so würde über solchen die Geschwindigkeit der zufließenden Wasser nach und nach verschwächt, und der Wasserspiegel würde sich unvermerkt so lange erheben, bis daß der See grade so viel Wasser abgeben könnte, als ihm zufließt. Es ist klar, daß man, wenn am Ausgang des Sees der Ausfluß völlig frei sein könnte, aus der Größe und der Geschwindigkeit der beischießenden Wassermasse, ingleichem der Breite des Kanals am Ausgang

gang des Sees, mit gröſter Leichtigkeit (§. 219.) die Höhe beſtimmen könnte, zu der ſich die Waſſer im Kanal erheben müßten, damit die aus dem See abfließende Waſſermenge der demſelben zufließenden gleich würde.

279. Wäre aber die Aushöhlung zwar tief, aber in Vergleichung mit der zufließenden Waſſermenge nicht groß genug, um ſolchen ihre Geſchwindigkeit zu benehmen, und ſie zu hindern, daß ſie nicht alle durch dieſe Aushöhlung fortfließen können, ſo iſt gewiß, daß ſich alsdann bei neuen Zuflüſſen die Waſſer an dieſer Stelle nicht viel erhöhen würden. Wenn nämlich das Bett tief iſt, und alle Waſſer als fließend angenommen werden, und die fortfließende Waſſermenge die nämliche iſt, wie in allen obern Stellen, wo die Querſchnitte der lebendigen Waſſer einen kleinen Raum einnehmen, ſo wird dazu, daß über den Vertiefungen keine Anſchwellung erfolge, nichts weiter erfodert, als daß die Geſchwindigkeit der Waſſer über dieſen Vertiefungen ſich zur Geſchwindigkeit in den obern Stellen, wo die Waſſer die gröſte Erhöhung haben, umgekehrt verhalte wie die Querſchnitte der lebendigen Waſſer über den Vertiefungen und an der Stelle, wo die Anſchwellung am merklichſten war.

Dieſes dient, eine Erſcheinung zu erklären, welche viele Flüſſe darſtellen. Es gibt deren eine große Anzahl, deren Flußbett deſto tiefer wird, je mehr es ſich der Mündung nähert, und doch wird ihre Mündung durch eine Schutzwand von dem Meer oder den Flüſſen, in welche ſie ſich ergießen, abgeſondert. Ohngeachtet dieſes Hinderniß ſind die Ueberſchwemmungen in der Gegend der Mündung ſolcher Flüſſe weit ungewöhnlicher

und

d unbeträchtlicher, als in weiter aufwärts liegenden
genden ihres Strohms. Man bemerkt, daß bei star-
r Anschwellungen die Wasser eine ansehnliche Geschwin-
keit bis zu ihrer Mündung behalten. Kommen sie
n in ein tiefes Bett, so übersteigen sie solches nicht
iter, als sie in den obern Gegenden ihres Laufs gethan
den würden, wenn sie daselbst in einem Kanal hätten
fließen können, welcher die nämliche Tiefe gehabt
te. Gelangen sie bis zur Schutzwand, so steigen sie
möge ihrer erlangten Geschwindigkeit über solche hin-
f. (§. 233.)

Dieser Erfolg ereignet sich inzwischen doch nur in
ßenden Flüssen; und man kann es nicht als ganz rich-
annehmen, was der berühmte Hr. de la Lande in dem
ten Band seiner Astronomie pag. 154. sagt: „Alle
lüsse schwellen auf, wenn sie sich ihrer Mündung nä-
ern. Hr. v. Lorme hat bemerkt, daß die Saone
ei Lyon, da, wo sie sich in die Rhone ergießt, hö-
er ist, als eine Meile weiter dem Fluß hinauf, wie
h solches in meiner Abhandlung von den schiffbaren
kanälen angemerkt habe; sie fließt nicht weniger auf
iefer schiefen Ebene von unten hinauf; sie fällt, so zu
eden, im Steigen, weil sie alsdann nicht vermöge der
Schwere deren Bestreben allemal unterwärts gerichtet
st, sondern vermöge des Stoßes der obern Wasser,
welche sich von Maconnois und Beaujolois gegen
Lyon herabstürzen. Gulielmini hatte schon eben der-
gleichen Beobachtungen in Italien angestellt, so wie
Zendrini.„

280. Die Hinderniſſe, welche das Wasser in sei-
m Lauf findet, ändern seine Geschwindigkeit beträch-
h ab. In solchen Gegenden des Strohms, wo das

Flußbett eben iſt, iſt die Oberfläche des Waſſers ſehr gleich, ob es gleich oft ſehr reißend iſt; wenn aber der Boden eine unordentliche Geſtalt hat, voller Felſen, oder mit großen beigeflößten Steinen bedeckt iſt, ſo gibt die Oberfläche der Waſſer durch ihre wallende Bewegung die Ungleichheiten des Bodens zu erkennen, und dieſe Erſcheinung iſt um ſo viel ſichtbarer, je größer die Geſchwindigkeit des Waſſers iſt.

Wenn die Meereswogen entweder durch Windſtöße, oder durch den Strohm der ſich hinein ergießenden Flüſſe in Bewegung geſetzt, ſich an gewiſſen Stellen zu den größten Höhen aufthürmen, ſo verrathen dieſe Wellen ganz untrüglich vorhandene Klippen.

281. Uebrigens zeigen die Wellen auf den Flüſſen nicht allemal Ungleichheiten auf dem Boden an; ſie entſtehen auch in beträchtlicher Größe, wenn verſchiedene Flüſſe unter mehr oder weniger beträchtlichen Winkeln gegen einander ſtröhmen. Die Wellen ſteigen alsdann deſto höher, je geſchwinder die Waſſer fortſtröhmen. Man ſieht aus dem, was ich von der Durance ſchon zum voraus geſagt habe, und von allen andern reißenden Ströhmen, welche wie jene bei der Veränderlichkeit ihres Laufs und ihrer Betten ſich nur zu vereinigen ſcheinen, um mit Gewalt gegen einander zu ſtoßen und ſich wieder von neuem zu zerſtreuen.

282. Die Flüſſe verliehren an allen denen Stellen ihres Laufs, wo ſich ihre Bahn ſchlängelt, viel von ihrer Geſchwindigkeit. Werden ſie unaufhörlich verſperrt, ſo haben ſie immer neue Hinderniſſe zu überſteigen; übrigens nimmt ihr Gefälle alsdann ab, und hiermit zugleich der Hauptgrund ihrer Bewegung.

283.

283. Die Geſchwindigkeit der Ströhme nimmt
), wenn ſie aus einem engen Flußbett in ein weiteres
ten. Der Widerſtand des Bodens wird alsdann be-
chtlicher, und das Gefälle geringer. Hauptſächlich
dieſem Fall ereignet ſich bei Anſchwellungen des Waſ-
rs eine höchſt merkwürdige Erſcheinung. Die Ober-
iche des Hauptſtrohms erhebt ſich beträchtlich über die
rige Strohmfläche hinauf, ſo daß die obere Grenze der
uerſchnitte durch eine erhabene krumme Linie beſtimmt
ird, die ihre Spitze da hat, wo ſich die größte Ge-
windigkeit befindet.

Hr. v. Büffon, dem hierin die größten Meßkünſt-
gefolgt ſind, iſt der Meinung, daß an der Stelle,
) ſich die größte Geſchwindigkeit fände, der Druck ge-
ger ſei, und daß die Waſſer an dieſer Stelle ſo hoch
egen, bis ſie mit den umliegenden, welche bei ihrer
igſamern Bewegung einen ſtärkern Druck ausübten,
s Gleichgewicht kämen. Ich habe (§. 132.) gezeigt,
ß dieſe Erklärung nicht angenommen werden kann, und
ß der Druck gegen den Boden eines Kanals immer ei-
lei bleibe, die Geſchwindigkeit des Waſſers mag ſein,
lche man will, wenn nur die Höhe des Waſſerſtands
geändert bleibe.

Es ſcheint uns leicht, den Grund von dieſer Er-
einung anzugeben. Man gedenke ſich einen hohen Be-
lter, der beſtändig voll Waſſer erhalten wird, und der
einer ſeiner Wände eine rechtwinklichte Oefnung habe,
ran ein Kanal von eben ſolchen Abmeſſungen ange-
acht ſei, und der ein hinlängliches Gefälle habe, um
e nämliche Geſchwindigkeit zu unterhalten, ſo iſt klar,
ß das Waſſer bei ſeinem Abſchuß aus dem Behälter

nach der ganzen Breite des Kanals, so lang solcher
sein mag, einerlei Höhe erlangt und behält.

Wenn man aber statt des an der Oefnung des
hälters anzubringenden Kanals von den nämlichen
messingen einen andern von eben der Höhe, aber e
größern Breite anbringt, so ist offenbar, daß das A
ser beim Eintritt in den Kanal, die Gestalt, welch
beim Abfluß aus dem Behälter hat, nicht behalten
ne. Die Eindrücke der Schwere werden es nöthig
sich so lange seitwärts auszubreiten, bis es von den
tenwänden aufgehalten wird. Je größer die mit
Stoß verbundene Geschwindigkeit ist, desto unmerkliche
zu gleicher Zeit die Wirkung des Stoßes, und um
viel mehr muß also der Hauptstrohm in seiner Höhe
dem Wasserstand der übrigen Stellen des Flusses
schieden sein. Diese müssen, da sie durch den in
Richtung der Behälteröfnung liegenden Theil des Stroh
unterhalten werden, nothwendig niedriger liegen.
denkt man sich einen Querschnitt des Wassers im Kan
so erhellet, daß solcher durch eine erhabene krumme
nie begrenzt wird, die ihre größte Höhe da hat, wo
Fluß seinen stärksten Strohm hat. Es ist unnöthig
erinnern, daß der Hauptstrohm ohne Unterschied e
sowohl an die Seiten als nach jeder andern Stelle h
die man in der Breite des Kanals verlangt, getrie
werden kann. Dieses kommt auf die Lage an, wel
der Kanal in Ansehung der Behälteröfnung hat.

Die Flüsse können so angesehen werden, als ob
aus einem Behälter voll erhalten würden, worin d
Wasser die erforderliche Höhe hat, um die jenen beiwo
nende Geschwindigkeit hervorzubringen, und man ka
a

auf solche alles, was wir eben vorgetragen haben, genau anwenden.

Die Erfahrung lehrt, daß der Hauptstrohm niemalen eine größere Höhe erreicht, als wenn plötzliche Anschwellungen erfolgen, die Wasser eine größere Geschwindigkeit erhalten und über ein breiteres Bett hinfließen. 1)

1) Hr. de Buat sagt: „wenn durch irgend eine Veranlassung eine Wassersäule, die man sich in einer unbestimmten flüßigen Masse gedenken kann, oder die zwischen festen Wänden eingeschlossen ist, in eine Bewegung von „gegebener Geschwindigkeit gelangt, so wird der Druck, „den sie vor ihrer Bewegung seitwärts gegen die umliegende flüßige Masse oder gegen die feste Wand ausübte, „um so viel vermindert, als der ganze Druck ausmacht, „welcher der Geschwindigkeit, mit der sie sich bewegt, „zugehört .... So wird in einem Fluß, dessen Strohm „einförmig und ordentlich fortgeht, die Oberfläche des „Wassers von einem Ufer bis zum andern durch eine erhabene krumme Linie begrenzt .... Betrachtet man „den Strohm eines Flusses als eine Vereinigung vieler an einander liegender einzelner Wasserstreifen, deren bewegende Kräfte alle unter einander gleich sind, weil sie „alle gleiches Gefälle haben, deren Geschwindigkeit aber „desto kleiner ist, je näher sie an der Wand liegen, so „sieht man, daß diejenigen, welche einen größern Verlust in der Geschwindigkeit leiden, nach allen Seiten „einen größern Druck leiden, als diejenigen, deren Verlust in der Geschwindigkeit geringer ist, und daß die „Summe der Streifen, welche das meiste von der Geschwindigkeit verliehren, gegen die Seiten des Strohms „größer ist als in der Mitte; hieraus folgt, daß, um „zwischen diesen ungleichen Seitendruckungen ein Gleichgewicht zu erhalten, die Oberfläche des Wassers sich in „eben

Dieſe Erſcheinung iſt auf der Durance ſichtbarer als auf der Rhone; man bemerkt ſie dort zu allen Zeiten; über-

„eben der Zeit gegen die Mitte erheben muß, wohin ſie „ſich gegen die Seiten hin erniedrigt.„

In den reiſenden Ströhmen, und vorzüglich zur Zeit der Anſchwellungen, unterſcheidet ſich der Hauptſtrohm von den übrigen durch ſeine größere Höhe, aber die Lage dieſes Strohms iſt nicht beſtimmt, und er kann nach Beſchaffenheit der Umſtände eben ſowohl den Ufern ganz nahe als weit davon wegliegen. Es iſt durch die Erfahrung bewieſen, daß die Waſſer, welche ſich von dem ſtärkſten Strohm ablenken, zugleich ſowohl nach der Richtung des Flußbetts, als nach der Richtung ihrer Breite hinfließen. Es iſt daher alsdann zwiſchen den Waſſerſäulen, welche in einem Querſchnitt des Flußbetts liegen, eben ſo wenig Gleichgewicht, als zwiſchen denjenigen, welche in der Richtung ihrer Breite liegen. *) Die Vorſtellung vom Gleichgewicht zwiſchen ungleichen Waſſerſäulen, die über einerlei Waſſerpaß liegen, iſt den erſten Grundſätzen der Mechanik zuwider. Denn es iſt ausgemacht, daß, wenn zwo verſchiedene Kräfte auf einen Körper wirken, die einander nicht entgegen geſetzt ſind, die eine die Wirkung der andern niemalen aufheben kann. Wenn man alſo annimmt, daß eine in Bewegung geſetzte Waſſerſäule mit irgend einer Geſchwindigkeit über eine wagrechte Ebene hinſchießt, ſo muß dieſe Ebene das ganze Gewicht der Waſſerſäule tragen; die unterſte Schichte wird alſo eben ſo gedruckt, als wenn die Waſſermaſſe in Ruhe wäre; Waſſerſäulen von

*) Unter jenen müſſen nämlich die längſt dem Fluß, unter dieſen aber die quer über den Fluß liegenden verſtanden werden.

überhaupt aber iſt ſie auf allen Flüſſen merkbar, wenn man ſie mit einiger Aufmerkſamkeit unterſucht. Setzt

von ungleicher Höhe müſſen alſo den Boden ungleich drucken, ihre Seitenpreſſungen ſind alſo gleichfalls verſchieden, und es findet daher kein Gleichgewicht zwiſchen denſelben ſtatt.

Aus dem, was wir eben geſagt haben, iſt offenbar daß eine Waſſermaſſe, die ſich mit irgend einer Geſchwindigkeit in einem horizontalen Kanal bewegt, den Boden dieſes Kanals eben ſo drucken würde, als wenn ſie in Ruhe wäre, und daß die Seitenpreſſungen, welche von den Eindrücken der Schwere entſtehen, die nämliche Kraft ausüben; machte man aber im Boden des Kanals eine Oefnung, ſo dürfte man nicht erwarten, daß das Waſſer mit eben der Leichtigkeit durch dieſe Oefnung abſchießen würde, als wenn das Waſſer in Ruhe wäre. Wir haben gezeigt, daß in unendlich vielen Fällen die durch eine gegebene Oefnung abfließende Waſſermenge ſehr verſchieden ſein könne, wenn gleich der Druck auf den Boden vor dem Ausfluß einerlei wäre. Ohne auf dieſe Fälle, welche bei gegenwärtigem Umſtand Statt haben könnten, Rückſicht zu nehmen, muß man bemerken, daß das gegen die Oefnungsfläche druckende Waſſer von zwo Kräften getrieben wird, daß alſo ſolches nothwendig einer mittlern Richtung folgt, und gegen die Wände der Oefnung anſtößt, und daß ſeine Bewegung durch dieſen Stoß verzögert wird. Richtet man ſein Augenmerk noch auf andere phyſiſche Umſtände, z. B. auf die zuſammenhängende Kraft der Waſſertheilchen ꝛc. ſo wird es nicht befremden, wenn man ſieht, daß nach der Verhältniß, worin die Oefnung kleiner und die Geſchwindigkeit des Waſſers im Kanal größer wird, durch die Oefnung eine geringere Waſſermenge ausfließt, als wenn das Waſſer in Ruhe wäre; alſo iſt diſe Waſ-

man nämlich leichte Körper dem Hauptſtrohm aus, ſo werden ſolche niemalen lange darin beharren, ſie werden gleichſam von demſelben weggeſtoßen, und immer nach den Ufern hingetrieben, und dieſes geſchieht um ſoviel eher, je reißender der Fluß iſt, und je größer der Unterſchied in der Geſchwindigkeit der verſchiedenen einzelnen Ströhmen des Fluſſes iſt.

Es iſt ein Irrthum, wenn man glaubt, die Waſſer ſein quer über einen Fluß hin in jedem Querſchnitt 1) im

ſermenge ein ſchlechtes Mittel zur Beurtheilung der Stärke des Waſſerdrucks. Ich will mich nicht länger hierbei aufhalten; es wird genug ſein, weſentliche Unterſchiede angezeigt und insbeſondere gewieſen zu haben, daß der Satz, welchen Hr. von Buat angenommen und ſehr ſtark gebraucht hat, ganz unſtatthaft iſt. Wäre er richtig, ſo müßte man dem Waſſer in horizontalen Kanälen dadurch, daß man es mit einer der Höhe ſeiner Querſchnitten zugehörigen Geſchwindigkeit hineinleitete, allen Druck benehmen. Man würde alſo auf ſolche Art durch eine horizontale Bewegung die Wirkung der Schwere aufheben. Aber Jedermann weiß, daß dieſes ſo wenig mit den wirklichen Erſcheinungen als mit den Grundſätzen der Mechanik beſtehen kann.

1) Die Schiffer, welche die auf der Durance zum Ueberfahren angelegte Fähren unter ihrer Beſorgung haben, wiſſen es ſehr wohl, daß das Waſſer an der Stelle, wo der Strohm am ſtärkſten iſt, eine höhere Lage hat; ſie nehmen ſich auch wohl in Acht, daß ſie das Seil, an welchem der Maſtbaum abgeleitet, mit dem Lauf des Fluſſes unter keinem rechten Winkel anordnen. Das Schiff würde ſonſt nicht mit Leichtigkeit fortgehen, außer in der Nähe des Ufers, wo die Geſchwindigkeit geringer

Gleichgewicht; ſie fließen in der nämlichen Zeit, da ſich längſt dem Flußbett hinbewegen, auch ſeitwärts, dieſe doppelte Bewegung iſt die Urſache, welche te Körper gegen die Ufer hintreibt. Es ſei A B g. 47.) die Richtung des Hauptſtrohms, und der um, den er in einer gegebenen Zeit durchlaufen kann, A I die Richtung desjenigen Strohms, welcher ch den Ueberſchuß des Drucks der Waſſerſäulen im uptſtrohm über die benachbarten Waſſerſäulen verur- t wird, und zugleich der Raum, welcher wegen der gleichheit der Säulen in eben der Zeit durchlaufen rde, ſo wird A S die mittlere Richtung, welcher leich- Körper folgen.

Verlangt man einen andern Beweis von der Ge- wart dieſer doppelten Bewegung, ſo merke man nur die Wellen, welche bei allen Flüſſen gegen die Ufer ſchlagen, ſelbſt dann, wann in der Atmoſphäre die kommenſte Windſtille herrſcht. Da die Waſſer ein ſtändiges Beſtreben äußern, an den Ufern in die Hö- zu ſteigen, ſo iſt ſolches ein Beweis, daß ſie eine

ger iſt; es würde alsdann wirklich bergab gehen. Die Schiffer ſpannen, um Beſchwerlichkeiten bei der Rückfahrt vorzubeugen, das Seil, welches das Fähr in ſeiner Bahn erhält, ſo daß ſeine Richtung gegen den Ort hin, wo der Strohm am ſtärkſten iſt, unter einen ſchiefen Winkel dergeſtalt lauft, daß die Oberfläche des Waſſers, in welcher die Bahn des Schiffs liegt, eine horizontale Lage erhalte. Wenn z. B. (fig. 49.) der ſtärkſte Strohm in A ſich befindet, ſo ſpannt man das Seil ſo, daß es mit der Richtung des Strohms einen ſpitzen Winkel M O S auf der Seite macht, wo der ſtärkſte Strohm herkommt.

Geſchwindigkeit nach der Richtung dieſer Ufer haben. An den Ufern der Durance ſind die Wellen oft hoch genug, um ſie mit den Meereswogen zu vergleichen, die ſich an dem Ufer des Meeres völlig zerſchlagen. *)

284. Wenn der Boden der Flüſſe einerlei bleibt, ſo verurſachen plötzliche Abänderungen der Breite des Flußbetts nothwendig Veränderungen in ihrer Geſchwindigkeit. Man hat (§. 218.) geſehen, daß, wenn man einen Kanal, der ein gleichförmiges Gefälle hätte, zum Theil verſperrte, das Waſſer auf einige Entfernung unterhalb der verſperrten Stelle die nämliche Geſchwindigkeit

*) Ich muß hier noch erinnern, daß des Hrn. v. Büat angeführter Satz dieſem Schriftſteller gar nicht eigenthümlich iſt. Die Eulerſche und Bernoulliſche Theorien geben den nämlichen Satz, und man findet ihn auch in Hrn. Hofrath Karſtens Lehrbegriff der geſammten Mathematik, V. Th. S. 347. §. 215. als einen völlig ausgemachten Satz aus der Theorie hergeleitet. Ich habe aber hiergegen ſelbſten ſchon in meinem Verſuch einer neuen Theorie ꝛc. bei der Anwendung auf Druckwerke §. 197 u. f. f. unwiderlegbare Erinnerungen beigebracht, wiewohl ſolche von ganz anderer Art ſind, als die Erinnerungen des Hrn. Verf. Inzwiſchen iſt auch die Erinnerung des Hrn. Verf. ganz gegründet, daß, wofern jener Satz bei Hrn. v. Büat oder bei Hrn. Hofr. Karſten ſeine Richtigkeit hätte, alsdann ein horizontaler Kanal, worin das Waſſer überall in jedem Querſchnitt mit der ſeiner Höhe zugehörigen Geſchwindigkeit fortſchöſſe, gar keinen Druck auszuhalten hätte, da doch die ganze Waſſermaſſe bloß vom Kanal getragen wird, folglich von dem Gewicht der ganzen Waſſermaſſe gedruckt werden muß.

und Geſtalt, wie vor der Verſperrung des Kanals
alte; auch hat man geſehen, daß oberhalb der ver-
rten Stelle die Waſſer um ſoviel höher anſchwollen,
leiner die Oefnung war, welche man gelaſſen hatte;
n hat endlich gefunden, daß an der Stelle ſelbſt, wel-
verſperrt worden war, ein Waſſerfall entſtanden, d.
aß das Waſſer in eine Stemmung geräth, von der
mit Geſchwindigkeiten herabſtürzt, die von der Ober-
he gegen den Boden herab immer größer werden.
220.) In dieſem Fall kann nun, wenn gleich der
den ober- und unterhalb der verſperrten Stelle einer-
Richtung hat, der Waſſerpaß der obern und der un-
Waſſer gar ſehr von einander verſchieden ſein.

Die Wirkungen, welche wir bei Kanälen leicht her-
bringen können, ſtellt die Natur bei Flüſſen auf tau-
ſach verſchiedene Weiſen dar. Es gibt keinen, der
h einem einförmigen Gefälle und in einem regulären
tt fortfließe, der nicht häufig abwechſelnde Stauun-
und Abfälle darſtelle, und deſſen Bett nicht das eine-
l ſehr breit und das anderemal wieder ſehr ſchmal ſei.

Alle dieſe Verſchiedenheiten ſind aufwärts nach dem
ſprung der Flüſſe hin gewöhnlicher und ſichtbarer, als
er nach ihrer Mündung hin. Dort ſind die Hinder-
ſe vielfacher, und die Felſen in größerer Menge vor-
den. Da die Waſſer in ihrem Lauf bald Behältniſſe
reffen, die ſie nicht anfüllen können, bald einen Wi-
ſtand, den ſie nicht überwinden können, ſo ſind ſie
wungen, lediglich der Bahn zu folgen, welche ihnen
Natur vorgezeichnet hat; ganz anders verhält es ſich,
nn ſie Gegenden, denen ſie ſelbſt die ordentliche Ge-
lt gegeben haben, auf eine gleichförmige Weiſe in ei-

nem

nem regulären Bett durchſtröhmen. Der P. Charlevoix, der eine groſse Anzahl von Flüſſen in dem mitternächtigen Amerika befahren hatte, merkt an, daſs ſolche abwechſelnd bald wie ſtehende Seen bald wie reiſsende Ströhme erſcheinen, die, je nachdem ihr Flußbett an ſolchen Stellen enger wird, die Schiffahrt auſserordentlich beſchwerlich und oft ganz unmöglich machen.

Wenn man die Reiſebeſchreiber lieſt, welche es verſucht haben, die Flüſſe in Afrika und Amerika aufwärts zu fahren, ſo ſieht man, daſs ſie durch dergleichen Strohmbeſchleunigungen, *) welche man ja nicht mit den Waſſerfällen, wie gewöhnlich geſchieht, verwechſeln darf, oft zurückgehalten worden ſind. 1) Bei letztern iſt

*) Einzelne Strecken, wo der Strohm viel ſchneller als ſonſten fortſchieſst, nennt der Hr. Verf. im Original des rapides, welches ich durch Strohmbeſchleunigungen überſetzt habe.

1) „Die Ebbe und Fluth des Meeres läſst ſich keine 60 Meilen oberhalb dem Meerbuſen Triſte und den Mündungen des Orenoque gewahr werden, wegen eines ſich dort befindlichen Waſſerfalls, über welchen man nicht ohne unendliche Gefahr wegkommen kann; der Mündung des Fluſſes Meta grade gegenüber liegt der Fluß Carichana, dem mehrere Inſeln von angewachſenen Steinen, die mit Felſen umgeben ſind, ſeine Geſtalt geben; einige dieſer Felſen ſind ſichtbar, andere aber vom Waſſer bedeckt, wodurch dieſe Strecke ſehr ſchwierig und gefährlich wird. Zwölf Meilen davon findet man den Fluß Tabain, welcher eben ſo gefährlich iſt, indem auf die Strecke von 35 Meilen aufwärts der Orenoque drei Waſſerfälle hat, welche die Schiffahrt gänzlich unterbrechen. Man befährt dieſe Flüſſe nicht anders,

ist der Boden des Betts unterbrochen, und wird unterwärts auf einmal tiefer als er oberwärts war, so daß die Wasser nicht nur der ganzen Pressung, sondern auch den Eindrücken der Schwere bei jedem Absatz, der das obere Bett von dem untern abgesondert, folgen müssen. Bei den Strohmbeschleunigungen wird die Bewegung von der Oberfläche gegen den Boden herab beschleunigt, und wenn der Mangel an Gefälle oder die im Weg liegenden Hindernisse die Geschwindigkeit, welche die Wasser beim Anfang der Strohmbeschleunigung annehmen könnten, nicht abänderten, so würde an solcher Stelle so viel Wasser abschießen, als wenn ein wirklicher Wasserfall vorhanden wäre. Man fühlt, was es für Schwierigkeiten hat, daß die Umstände diesen Erfolg so ganz verstatten sollen. Demohngeachtet muß man an allen solchen Stellen, wo das Flußbett plötzlich verschmälert wird, einen mehr oder minder beträchtlichen Abfall auf der Oberfläche bemerken.

Besin-

„ders, als mit vieler Mühe und großer Gefahr; was „aber die drei übrigen Atüreischen Ströhme betrifft, so „ist es unmöglich, solche zu befahren, und man ist genöthigt, die Schiffe zu Land fortbringen zu lassen, welches viele Zeit und Arbeit kostet.„ Histoire de l'Orenoque de Gumillu, tom. I. pag. 77.

Es ist offenbar, daß diese Wasserfälle des Orenoques nichts anders sind, als Strohmbeschleunigungen, weil man mehrere davon aufwärts befahren kann. Man sieht leicht, daß an diesen Stellen die Geschwindigkeit von der Art sein kann, daß es unmöglich ist, aufwärts zu fahren, ohne daß darum der Boden des Flußbetts unterbrochen zu sein braucht. Die Enge des Pongo im Maragnon ist nichts als eine solche Strohmbeschleunigung.

Befinden ſich Felſen in der Nähe, ſo können ſich die Waſſer hieran mit einem ſtärkern oder ſchwächern Getöſe zerſchlagen, mit Schaum bedeckt werden, und grade ſolche Erſcheinungen zeigen, dergleichen man bei den Waſſerfällen bemerkt. Es iſt unnöthig zu erinnern, daß der Fall deſto beträchtlicher ſein müſſe, je kleiner die Strecke iſt, auf der das Bett verſchmälert wird.

Wenn man kleine Flüſſe ſchiffbar machen will, ſo iſt man oft genöthigt, ihr Bett zu verſperren, um die Gewalt ihres Strohms zu ſchwächen, oder ihre Waſſer mehr beiſammen zu halten. Man baut alsdenn Schleuſen, die das Waſſer allmählig ſinken laſſen, um ohne Gefahr vom obern Bett in das untere zu kommen. Dieſe Erfindung war den Alten unbekannt; auch die Chineſer wußten nichts davon. Dieſe ſind bei der Menge von Kanälen, welche ſie zur genauern Verbindung aller Theile ihres weitläuftigen Reichs angelegt haben, oft genöthigt worden, das Bett dieſer Kanäle zu verſperren, um ihr Gefälle zu vermindern; um aber ihren Fahrzeugen den Durchgang zu erleichtern, haben ſie in ſolchen Dämmen Oefnungen gelaſſen, und haben alſo hierdurch Strohmbeſchleunigungen verurſacht, welche zur Rückfahrt erſtaunende Kräfte erfodern, und beim Abwärtsfahren höchſt gefährlich ſind.

Man lieſt in der Reiſebeſchreibung von China, welche die von Ludwig dem XIV. im Jahr 1685. dahin abgeſchickt geweſenen Jeſuiten verfertigt haben: „Da ſie „auf einem Kanal eingeſchifft waren, mußten ſie zwi„ſchen zween aufgemauerten Dämmen durchfahren, wo „das Waſſer ſo reißend durchſchoſſe, daß, wann die „Schiffsknechte die Schiffe dem Strohm überließen, nichts

„in

ist der Welt sie aus der Gefahr retten konnte, in tausend Stücke zerschlagen zu werden.„

Ein plötzlicher Einbruch einer Erd- oder Felsenmasse in das Bett eines Flusses kann zu großen Zerstörungen Anlaß geben, in seinem Lauf außerordentliche Veränderungen verursachen, und da, wo die Geschwindigkeit der Wasser vollkommen gleichförmig war, Strohmbeschleunigungen hervorbringen. Man liest bei dem P. Charlevoix, daß ein Erdbeben im Gebürg in den Sanegai einen sehr beträchtlichen Strohm, der sich in den St. Lorenzfluß ergießt, verstürzte, und daß seit dieser Zeit die Schiffahrt auf diesem Fluß durch eine Strohmbeschleunigung unterbrochen wird, über die man unmöglich befahren kann. *)

Ein-

*) In dem hier vorgetragenen VI. Abschnitt vermisse ich noch eine Bemerkung über den vertikalen oberwärts gerichteten Druck der Strohmwasser, welcher von ihrer Geschwindigkeit abhängt. Es ließe sich manch Nützliches hierüber sagen, welches aber hier meine Absicht nicht verstattet. Diesem von der Bewegung herrührenden Druck ist es zuzuschreiben, daß im einen Strohm die Schiffe so viel tiefer sinken, als im andern, welches von dem geringen Unterschied der specifischen Schwere verschiedenerr Strohmwasser unmöglich hergeleitet werden kann. So ströhmt z. B. der Mainfluß nach seiner Ergießung in den Rhein noch auf eine sehr beträchtliche Strecke ganz kenntbar, sowohl durch einen Rücken, den beide Ströhme mit einander machen, als durch die verschiedene Farbe von einander abgesondert, fort, und Schiffe, welche mit der vollen Last für das Mainwasser beladen sind, müssen in dieser Gegend von den Schiffern sorgfältig auf den Mainwassern erhalten werden.

Siebenter Abſchnitt.

Von den Waſſerwirbeln.

285.

Wenn die Strohmwaſſer eine beträchtliche Geſchwindigkeit haben, und durch entgegenſtehende Hinderniſſe genöthigt werden, ihre Richtung zu ändern, ſo entſtehen daher öfters Waſſerwirbel, die bald mehr bald weniger in die Augen fallen. Die Waſſer ſteigen, indem ſie an die hindernden Gegenſtände anſtoßen, in die Höhe; ein Theil folgt alsdann einer neuen Richtung, ein anderer fällt, nachdem er ſeine Geſchwindigkeit verlohren hat, wieder rückwärts, und kehrt in ſich ſelbſt zurück, indem er an der Uferlinie, ſo lange als ſein Waſſerpaß noch höher liegt als der des Hauptſtrohms, hinfließt, und endlich ſich mit dieſem wieder vermiſcht.

An der Stelle, wo der zurücktretende Theil des Fluſſes ſich mit dem grad ausfließenden Hauptſtrohm ver-

werden, weil dieſe ſehr wohl wiſſen, daß die nämlichen Schiffe mit eben der Laſt in den Rheinwaſſern ganz beträchtlich tiefer ſinken, welches, wie ich ſchon erwähnt habe, keineswegs aus der unmerklichen Verſchiedenheit der ſpecifiſchen Schwere beider Waſſer erklärt werden kann. Ruhig ſtehendes Waſſer läßt Steine zu Boden ſinken; wem iſt es aber unbekannt, daß reißende Fluthen beträchtliche Steinmaſſen ſchwimmend fortzuführen vermögen, grade ſo wie die leichte Luft Vögel, die ſo ſehr viel ſchwerer ſind, dennoch durch den Stoß in ihr ſchwimmend zu erhalten vermag, welchen ſolche durch die ſchnelle Bewegung ihrer Flügel zu erregen im Stand ſind.

mischt, ergibt sich ein Stoß, welcher nach der ver-
iedenen Geschwindigkeit der Ströhme und ihrer Rich-
ng höhere oder niedrigere Wellen verursacht. In klei-
n Bächen gehen leichte Körper, welche einmal in den
irbel hineingezogen sind, aus solchem nicht wieder weg,
il die Wellen, welche auf der ganzen Strecke entste-
n, wo die einander entgegenkommenden Ströhme sich
ter einander zu vermischen streben, solche leichte Kör-
: von dem Hauptstrohm entfernen. Die Wasser in
n Wirbeln werden also immerfort erneuert, und lassen
Körper, welche sie mit sich führen, darin zurück.

Die Wirkungen der Wirbel in Bächen sind höchst
nnigfaltig und belustigend, wenn man auf die leichte
rperchen Acht hat, welche mit hineingezogen werden.
s gibt wohl kein Kind, das nicht schon darauf Acht ge-
bt hätte; aber in großen Flüssen machen sie einen ganz
dern Eindruck, besonders wenn man sich Menschen
f schwimmenden Körpern gedenkt, welche darin zu-
ckgehalten werden. Ich will einige Beispiele von der
efahr beifügen, welcher dieselben ausgesetzt sind. „Ich
elangte in die Enge Escürrebragas auf dem Ma-
agnon, sagt Hr. de la Condamine. Der Fluß, der
urch ein sehr steil herabhängendes Felsengebürg, gegen
elches er senkrecht anprellt, aufgehalten wird, ist hier-
urch genöthigt, eine plötzliche Wendung zu nehmen,
ie mit seiner ersten Richtung einen rechten Winkel
nacht. Der Wasserstoß hat vermöge der großen durch
ie Zusammenziehung der Kanäle erlangten Geschwin-
igkeit einen tiefen Gang in den Felsen hineingebrochen,
orin die Wasser, welche durch die Heftigkeit des in
er Mitte befindlichen Strohms auf die Seite getrieben

„worden ſind, aufbehalten werden. Mein Flös, wor„auf ich mich damals befand, und das durch die Rich„tung des Strohmwaſſers in dieſen Einbruch hineinge„trieben worden war, wurde in den hier entſtehenden „Wirbel hineingezogen; und da wir mit keiner Art von „Ruder verſehen waren, ſo thaten wir hier nichts, als „daß wir beſtändig im Wirbel herumgetrieben wurden. „Die Waſſer, die immer im Kreiſe herumgingen, brach„ten nach jedem Umlauf das Flös wieder in die Mitte „des Flußbetts, wo die Begegnung des Hauptſtrohms „Wellen erhob, welche zuverläßig ein kleines Boot ver„ſchlungen haben würden. Die Größe und Stärke des „Flöſes ſetzte in Anſehung dieſes Umſtandes in Sicher„heit, aber ich wurde durch die Gewalt des Strohms „allemal wieder ganz in den ausgebrochenen Gang hinein„getrieben. In dieſer Lage beharrte ich über eine Stun„de, und dieſe Zeit wurde mir äußerſt lang. Vier von „meinen Indianern, welche an dem Ufer nahe über der „Erde hin mit dem kleinen Boot nachgefolgt waren, und „welche alle Mühe nöthig gehabt hatten, der gefährlichen „Stelle, wo man Tags vorher mit Fleiß umgewendet „hatte, zu entgehen, waren aus der Ferne Zuſchauer „unſerer Verlegenheit. Nach einigen Verſuchen, die „ich ſie hatte machen laſſen, uns mit dem Bott fortzu„ziehen, fanden ſie es leichter, ans Land zu ſpringen, „und an dem ſo hoch über uns zugeſpitzten Felſen hinauf „zu klettern, von da ſie mir Bindruthen zuwarfen, wo„mit ſie das Flös aus dem Wirbel herauszogen, und es „endlich wieder in den ordentlichen Fluß zurückbrachten.„ Memoires de l'Acad. 1746. pag. 412.

„In der Mitte des Pongo, in der engſten Stel„le der Durchfahrt, befindet ſich, wann die Waſſer nie„drig

„drig ſind, ein ſehr hoch hervorragender Felſen, der aber,
„als ich hier durchfuhr, über eine Lachter tief unter dem
„Waſſer lag; gleichwohl verurſachte er doch in dem Waſ-
„ſer eine außerordentliche Bewegung, welche mein Flös
„in einem Wirbel herumtriebe; es prellte auch in ſeinem
„Umlauf zwei- oder dreimal hart wider den Felſen an.
„Man hätte Urſache gehabt, ſich hierüber zu entſetzen,
„wenn man nicht ſchon zuvorgekommen wäre. Ein klei-
„nes Boot würde hier tauſendmal ohne Rettung zer-
„ſchmettert ſein, und man zeigte mir hier in Vorüber-
„fahren die Stelle, wo ein Steuermann von Mannas
„umkam; da aber die Materialien des Flöſes weder zu-
„ſammengenagelt, noch in einander verzapft ſind, ſo lei-
„ſtet die Zähigkeit der Bindruthen, welche ſolche zuſam-
„menhalten, die Wirkung einer elaſtiſchen Feder, welche
„dem Stoß die Härte benähme, und man gebraucht da-
„her in Rückſicht auf die Flöſen gar keine Vorſicht ge-
„gen die Stöſe. Die größte Gefahr, welche man dabei
„lauft, iſt die, daß man in einen Waſſerwirbel außer
„dem eigentlichen Strohm abgeführt werden kann, wie
„mir weiter oben begegnet war. Es war noch kein
„Jahr, daß ein Miſſionär, der in ſolchen hineingezogen
„worden war, zwei Tage ohne einigen Vorrath von Le-
„bensmitteln darin beharren mußte, und darin würde
„haben verhungern müſſen, wenn ihn nicht ein unver-
„mutheter Wuchs des Fluſſes in den ordentlichen Strohm
„zurückgebracht hätte.„ Ebendaſ. pag. 416. „Bei dem
„Zuſammenfluß des Apüro und des Orenoques iſt
„ihr Stoß ſehr heftig; es entſtehen dabei fürchterliche
„Wirbel, welche die Reiſende ſorgfältigſt zu vermeiden
„ſuchen; ſie haben ſchon viele Schiffbrüche verurſacht,
„und ich war dabei mehrmalen in Gefahr, mein Leben

„zu verliehren. Sie ziehen die Schiffe aus groſſer Fer„ne mit ſolcher Gewalt an ſich, daß, ob ich mich „gleich auf meiner letzten Reiſe in einem ſehr guten Schiff „befand, und wir günſtigen Wind hatten, einer dieſer „Wirbel das Schiff dennoch, ohngeachtet wir mit al„ler Macht ſegelten, zu ſich hinzog, und ſolches nöthig„te, ſich zweimal herumzudrehen, ſo daß wir die beiden„male, da der Vordertheil des Schiffs gegen den Wind „gekehrt war, unſere Hoffnung zur Rettung aufgaben.„ Hiſtoire de l'Orenoque tom. I. pag. 58.

Achter Abſchnitt.

Von den Waſſerfällen.

§. 86.

Eine plötzliche und beträchtliche Veränderung des Gefälles in einem Flußbette verurſacht einen Waſſerfall. Es gibt ſehr viele Flüſſe, deren Lauf auf ſolche Art unterbrochen wird; am häufigſten aber ereignen ſich dieſe Erſcheinungen in Ströhmen, die in gebirgichten Gegenden fließen, und die auf ihrem Weg über ſenkrechte oder doch ſehr ſteile Felſen hinſtröhmen; die Waſſer fallen alsdann frei herab; und je unbeträchtlicher ihre Waſſermenge und gröſſer die Höhe der Stelle iſt, von der die Waſſer herabſtürzen, umſovielmehr Luft nehmen ſie während ihres Falls auf, und oft zertheilen ſie ſich ſogar in einen weißlichten Staub.

Der gemeinſte Erfolg von den Waſſerfällen iſt, daß ſie da, wo die herabſtürzende Waſſer hinfallen, Vertiefungen verurſachen. Man darf ſich nicht einbilden, daß ſie mit eben der Geſchwindigkeit, welche ſie durch ihren

Fall

Fall erlangt haben, ihren Lauf fortsetzen; die verschiedenen dabei sich ergebenden Bewegungen werden größtentheils durch die Luft verursacht, welche die beischießenden Wasser enthalten, und die durch solche denen in der Vertiefung befindlichen Wassern zugeführt wird. Diese Luftblasen werden destomehr zusammengedruckt, je beträchtlicher die Tiefe ist, zu der sie versenkt werden; sobald aber ihre gehabte Geschwindigkeit verlohren ist, steigen sie schnell gegen die Oberfläche herauf, werden bis hierhin immer größer und brechen über der Oberfläche mit starken Wallungen hervor.

Es würde zu weitläuftig sein, alle die großen und kleinen Flüsse anzuzeigen, in welchen man Wasserfälle antrifft; ich werde mich also nur auf die Beschreibung derer Wasserfälle von Pissevache und auf dem Rhein einschränken. „Ich war nur noch 3 Meilen von dem „berühmten Wasserfall von Pissevache, und da ich so „nahe gekommen war, konnte ich es nicht auf ein ander„mal aufschieben, ich entschloß mich also, hinzureisen. „Ich eilte, die Ufer des Flusses zu erreichen, und indem „ich immer näher zu den Gebürgen kam, fand ich end„lich die berühmte Brücke, die aus einem einzigen Bo„gen besteht, unter dem die Rhone hinfließt. Ich er„kannte sogleich, daß die Abmessungen desselben von An„dern *) sehr vergrößert worden war. Ich zählte von „einem Pfeiler bis zum andern mehr nicht als 30 Schrit„te oder 75 Fuß, seine Höhe unter dem Schlußstein be„trägt nur 50 Fuß. Die Rhone war damals 5 bis 6 Fuß niedriger als im Sommer; übrigens brachte den „Strohm der angethane Zwang, durch ein so verengtes

*) Der Hr. Verf. nennt hier les Coxe, les D. L.

„Bett durchzugehen, dennoch in keine ſchäumende Wuth;
„er floß ganz ruhig und ohne alles Geräuſch hindurch.
„Seine Geſchwindigkeit war nicht groß, weil er nur
„noch 4 Meilen bis in den See zu laufen, und daher
„nur noch ein gelindes Gefälle hatte. Seine Waſſer wa-
„ren überaus helle, und man hätte damals glauben ſol-
„len, er würde von lauter Quellwaſſern unterhalten.„

„Eine ſtarke Viertelsmeile von dem Waſſerfall
„fängt man an, ſolchen zu ſehen und zu hören; man
„wünſcht alsdann, ganz nahe dabei zu ſein. Man muß
„ihn von vornen oder von der einen Seite ſehen, und
„eine gute Stellung gegen den Wind nehmen. Dieſes
„iſt der erſte mir vorgekommene herrliche Anblick, deſſen
„Schönheit man nicht übertrieben hat. Die Wirkung
„dieſes Waſſerfalls iſt außerordentlich auffallend, weil
„er ſich durchaus in voller Stärke und Lebhaftigkeit dar-
„ſtellt, da hingegen faſt alle andere für ihre beträchtliche
„Höhe ein zu ärmliches Anſehen haben. Beim Abſchuß
„vom Felſen ſcheint ſich das Waſſer einen neuen Schwung
„zu geben, und macht einen ſchönen Bogen, unter wel-
„chem man durchgehen könnte, ohne ſich naß zu machen,
„wenn ſich dahin kommen ließe; aber an dem Felſen
„läßt ſich ſchlechterdings nicht anlanden; er geht wie ei-
„ne Wand grade in die Höhe, und hat wenigſtens die
„200 Fuß, welche man ihm zu geben pflegt. Nächſt
„dieſem Waſſerfall ſcheinen die herabſtürzenden Felſen-
„ſtücke von jeder Größe nichts als Zerſtöhrung und Un-
„tergang zu drohen.„ Lettres manuſcrites de M. Pi-
ſton ſur les Alpes.

„Unter dem Dorf Neuhauſen (im Kanton Schaff-
„hauſen) habe ich den großen Waſſerfall des Rheins
„geſe-

„gesehen. Schon viele haben es versucht, solchen ab„zuschildern; aber wer vermöchte es wohl, ein treffen„des Gemählde davon zu entwerfen! Welch ein täuschen„der Anblick von diesen verdeckten Felsenmassen, die dem „Bett des reißenden Strohms seine unerschütterliche Fe„stigkeit geben, und zugleich seine Wellen zertheilen und „mit Schaum bedecken. Sie stellen unterhalb dem „Schloß Laufen eine Felsenmauer dar, welche von „Schriftstellern zu 70 Fuß hoch und noch drüber ange„geben worden; *) inzwischen kann diese Mauer oder „vielmehr der Wasserfall, den sie verursacht, jetzt nicht „mehr über 40 Fuß hoch sein. Man trifft daselbst die „Fichten nicht mehr an, welche zu der Zeit, da Keys„ler diese Gegend bereiste, dort gestanden haben sollen. „Diese feste Mauer hat drei oder vier hervorragende Fel„senspitzen, die bei ihrer besondern Gestalt eben so vielen „Thürmen gleichen. Zwischen diesen Felsen stürzt sich „der Strohm mit erschrecklichem Getöse **) herab; in „diesem Augenblick geht fast alles in Schaum über, ***) „nur weniges Wasser ausgenommen, das noch unter „grünlichem Schein Wellenförmig fortzuschlängeln scheint. „Der Fluß nimmt auf dem Boden, über den er hin„stürzt, seinen Schuß wieder an, und wirft auf eine

*) Hr. Büsching sagt im 11ten Theil seiner neuen Erdbeschreibung S. 181.: Die Höhe dieses Falls werde auf 80 Fuß angegeben.

**) Das nach Hrn. Büsching a. a. O. zu Nacht 4 Stunden weit gehört werden kann.

***) Hr. Büsching sagt: ein großer Theil des Wassers wird in Staub aufgelöst, welcher von dem Fall wie Rauch in die Höhe steigt.

„trächtliche Höhe Wellen, die ſich einander durchkreuzen „und gegen einander ſtoßen; ein Theil dieſer Wellen, „der in Staub und Dünſte aufgelößt wird, erhebt ſich „bis zu den Wolken, und breitet ſich dergeſtalt aus, daß „die ganze Gegend unaufhörlich mit Regen und Nebel „angefüllt iſt. In der That ein Anblick, der eben ſo „prachtvoll als ſchrecklich iſt; doch iſt der, zu welchem „man auf dem Abhang vom Kanton Zürich am Fuß des „Schloſſes Laufen hingeriſſen wird, noch auffallender, „und ich könnte ſagen, ganz zum Entſetzen; ich rede „von der Stelle, wohin ich mich mit meiner Geſellſchaft „im Schiff bringen ließ, und wo man den Waſſerfall „von unten hinauf und faſt in der Nähe eines Schritts „betrachten kann. Hier fühlt man die tiefſten Eindrücke „von Bewunderung und Schrecken; es kam uns vor, „als zitterte das Ufer unter unſern Füßen von der tobenden Bewegung dieſer Strohmwaſſer. Wo iſt der „Sterbliche, der nicht in dieſem Augenblick in eine gänzliche Betäubung gerathen würde!„ Tableaux pittoresques &c. de la Suiſſe page 89.

Neunter Abſchnitt.

Von der Richtung und Geſchwindigkeit der Flüſſe bei ihrer Vereinigung.

287.

Den Ort, wo zween verſchiedene Flüſſe in ein Bett zuſammentreten, nennt man eine Flußvereinigung. Wenn man ſich aber an das erinnert, was wir von der Vereinigung verſchiedener gleich hoher Kanäle geſagt haben, (§. 200.) und an die Bemerkung, welche wir in Anſe-

Ansehung der verschiedenen Geschwindigkeiten in einem Querschnitt des Flusses gemacht haben, so sieht man, daß es gar wohl verstattet ist, einen Fluß, in welcher Gegend seines Laufs man ihn auch betrachtet, so anzusehen, als ob er aus der Vereinigung mehrerer Flüsse von einerlei Richtung und verschiedener Geschwindigkeit entstanden wäre. Es ist auch sehr gewöhnlich, daß zusammengeschwemmte Erdmassen einen Fluß in verschiedene Arme zertheilen, die nachher wieder zusammen treten; auch dieses ist noch eine wahre Flußvereinigung.

288. Die möglichen Erscheinungen an solchen Stellen, wo sich zween Flüsse vereinigen, können unendlich verschieden sein; und es ist unmöglich, ihre Richtung, oder ihre Geschwindigkeit, oder ihr Gefälle, oder ihre Breite, oder ihre Tiefe mit einiger Genauigkeit zu bestimmen.

Es sein O und P (fig. 49.) zween Flüsse, die sich in der Stelle A mit einander vereinigen.

I) Die Massen und die Geschwindigkeiten können gleich groß sein; diesem Fall kann aber auf unendlich vielerlei Weise Genüge geschehen, weil dabei die Verhältniß zwischen der Höhe und Breite eines Flusses gar nicht bestimmt ist.

II) Die Geschwindigkeiten können gleich sein, und die Massen ungleich; dieser Fall begreift wieder eine unendliche Menge von Fällen unter sich, nach Beschaffenheit der Verhältniß zwischen Höhe und Breite des Flusses.

III) Die Geschwindigkeiten und Massen können ungleich sein; dieser Fall leidet wieder unendlich viele Unterabtheilungen.

IV) Jeder Fluß hat unendlich viele einzelne Strohmrichtungen, und die Geſchwindigkeit nach dieſen einzelnen Strohmrichtungen ändert ſich bey Fluthzeiten alle Augenblick ab.

V) Die Lage des Bodens, über welchen die Waſſer hinfließen, der Widerſtand, den ſolcher den Kräften des Strohms entgegenſetzen kann, der ſchnellere oder langſamere Zufluß bei Fluthzeiten haben auf die Geſtalt des Flußbetts einen ſtarken Einfluß. Es ſind aber alle dieſe Urſachen von einander ganz unabhängig, und können unendlich abwechſeln.

289. Dieſe Zergliederung, die man noch weiter fortſetzen könnte, wird ſchon hinlänglich ſein, die Unmöglichkeit darzuthun, alle Erſcheinungen, die ſich bei der Vereinigung zweener Flüſſe ereignen können, unter einer einzigen Auflöſung zu begreifen. Ich weiß, daß man, wie Hr. Pitot gethan hat. (Mem. de l'Acad. 1738.) bei den Flüſſen P und O Maſſen, Richtungen und Geſchwindigkeiten als beſtimmt vorausſetzen, und nun aus dieſen Vorausſetzungen, indem man die Waſſer als harte Körper betrachtet, die Geſchwindigkeit und Richtung nach ihrer Vereinigung beſtimmen kann. *)

290. Wann aber auch die Waſſer in jedem Fluß einerlei Geſchwindigkeit hätten, das Gefälle unveränderlich, und die Breite des Betts unterhalb der Vereinigung der Summe der Breiten von beiden Flüſſen zuſammengenommen gleich wäre, ſo würde dieſe Unterſuchung

*) ſ. Hrn. Hofr. Käſtners Hydrodynamik, S. 246. 250. und meine Anmerkungen hierzu in meinen mechaniſchen und hydrodynamiſchen Unterſuchungen, S. 283. 287.

ſuchung doch noch mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verwickelt ſein. Man gedenke ſich nämlich bei dem Vereinigungswinkel eine Schutzwand A B, welche ſich um die Stelle A ganz frei herumdrehen läßt, und nun ſollen die beiden Flüſſe O und P unter Höhen, Breiten, Richtungen und Geſchwindigkeiten, die alle beſtimmt ſeiu, gegen dieſe Schutzwand anprellen. Unter Vorausſetzung der gemeinen Theorie vom Waſſerſtoß würde man die Stellung, welche die Schutzwand annehmen würde, leicht beſtimmen, nämlich nach der mittlern Richtung beider Ströhme.

Man würde aber ſehr irren, wenn man glaubte, das Waſſer ſtoße immerfort gegen die Schutzwand eben ſo als anfangs, da ſein Lauf noch nicht im Beharrungsſtand war. Auch würde es ein beträchtlicher Irrthum ſein, zu glauben, daß die ganze Maſſe von jedem Fluß auf die Beſtimmung der Richtung der Schutzwand wirke. Es würde nämlich das Waſſer, das gegen den Anfang der Schutzwand anprellt, ſeinen Lauf mit faſt ungeänderter Geſchwindigkeit fortſetzen, und würde an dieſer Wand hinlaufen, anſtatt gegen ſie zu ſtoßen; die Waſſerſtreifen, welche in D anlangen, würden ſtatt nach der Richtung D C fortzugehen, ihre Richtung nach D S nehmen. Man weiß, mit welcher Leichtigkeit das Waſſer gleich ſchnell nach verſchiedenen Richtungen fließt, wenn man ihm nur das nämliche Gefälle gibt.

Es iſt alſo klar, daß die Richtung der Schutzwand nicht durch die Maſſe des Fluſſes beſtimmt wird, ſondern bloß durch die Höhe des Waſſers und durch ſeine Geſchwindigkeit. Es kann alſo der Fluß P zwei- drei- viermal ſo groß ꝛc. ſein, als er wirklich iſt, ohne daß er

die

die Richtung der Wand abändere, wenn nur seine Wasser die nämliche Höhe und Geschwindigkeit behalten.

Es ist kein Zweifel, daß die Wand weiter nach der Seite hingetrieben werde, wo die Gewalt des Wassers geringer ist. Alsdann würde sich aber der ganze Fall verändern; das Wasser, das in dem kleinen Fluß frei bis zur Vereinigung fortflosse, würde nun in seinem Lauf gehemmt werden, es würde also zurückfließen, und wenn die Wand hoch genug wäre, so könnte sich das Wasser dergestalt erheben, daß der größere Druck, welchen der kleinere Fluß gegen die Wand ausübte, der von der größern Geschwindigkeit des andern Flusses herrührenden Wirkung gleich käme.

291. Nimmt man die Wand weg, so hat die Auflösung der Frage wieder ganz andere Schwierigkeiten. Das Wasser, das gegen einen festen Körper anstößt, übt gegen denselben die ganze Wirkung oder die ganze Gewalt aus, deren es fähig ist; aber eine Wassermaße, die wieder gegen eine Wassermasse anprellt, wirkt nicht auf die nämliche Weise. Man weiß, daß dieser flüßige Körper mit der größten Leichtigkeit in sich selbst hineinfließt; man hat oft Gelegenheit, sich von dieser Wahrheit zu überzeugen. So oft man von einer geringen Höhe herab Wein in ein mit Wasser nicht ganz angefülltes Glas gießt, so sieht man, wie die gefärbte Flüßigkeit bis auf den Boden des Glases herabfällt, und sich mitten durch das Wasser einen Weg eröfnet, so wie ein fester Körper thun würde, den man untersinken ließe. Wenn ein etwas reißender Strohm in ruhig stehendes Wasser schießt, so eröfnet es sich mitten durch dieses Wasser einen Kanal, und theilt solchem nichts von seiner Geschwin-

mindigkeit mit. Wie viele Flüſſe gibt es nicht, welche
e Waſſer ſüß und unvermiſcht bis weit in das Meer
nein fortführen.

292. Es iſt alſo ausgemacht, daß, wenn zween
äche, zween kleine Flüſſe oder zween mächtige Ströh-
e zuſammentreten, das ſtärker ſtröhmende Waſſer ver-
ltnißmäßig viel leichter ſeine erſte Richtung fortſetzen
rd; das langſamer fließende wird alsdann mehr oder
niger verſperrt, nachdem die Verſchiedenheit der Ge-
windigkeiten mehr oder minder beträchtlich iſt; es wird
hr oder weniger merkbar, zurückzufließen genöthigt, 1)
b es fließt entweder über der Oberfläche des ſtärkern
trohms ab, oder in einerlei Richtung mit dem gemein-
aftlichen Bett, wovon es inzwiſchen einen deſto klei-
n Raum einnehmen muß, je weniger die Breite deſ-
ben unterhalb der Vereinigung beider Betten von der
reite verſchieden iſt, welche der ſtärkere Fluß oberhalb
Vereinigung hat.

Ich

1) „Ich ging auf dem langen und ſchönen Damm weg, den
„man ſeit kurzem an den Ufern der Rhone angelegt hat,
„um die Vereinigung dieſes Fluſſes mit der Saone zu
„ſehen. Die Waſſer der Rhone waren 10 Fuß über ih-
„ren gewöhnlichen Stand erhoben. Sie ſchoſſen zuerſt
„in das Bett der Saone, hatten, ſo zu reden, dieſen
„Fluß verſperrt, und dadurch, daß ſie ſolchen zu ſteigen
„genöthigt hatten, eine Ueberſchwemmung verurſacht.
„Ich hatte alſo von der einen Seite einen Fluß, der mit
„erſtaunendem Ungeſtümm ſtröhmte, und von der andern
„ein kleines ſtilles Meer, wo man einige Bäume und
„Wohnungen wie Inſeln hervorragen ſahe.„ Lettre ma-
nuſcrite de M. Piſton ſur la crue du Rhone du 6
janvier 1783.

Ich habe erzählt, daß ein Fluß, welcher durch die kleine Stadt Sirkes durchfließt und sich nachher in der Mosel verliehrt, so übermäßig anschwolle, daß er, nachdem er eine große Menge Gebäude umgestürzt hatte, die Trümmer bis zum gegenüber liegenden Ufer dieses Flusses, dessen Lauf er einige Zeit gehemmt hatte, mit sich fortführte.

Ich habe oft gesehen, wie Flüsse ihr Wasser und darin befindliche Sachen bis über die dem Einfluß gegenüber liegenden Ufer gebracht und dort zurückgelassen haben.

„Der Apüreſluß ergießt sich in den Orenoque; „aber vorher theilt er sich in drei so mächtige und reißende Arme, daß er das Ansehen erhält, als wenn er den „Orenoque verschlingen sollte, welches das unermeßliche Gegengewicht der Wasser dieses letztern Strohms „nicht verstattet. Aber der Stoß dieser beiden Flüsse „gegen einander ist so heftig, daß der Orenoque, der „an dieser Stelle beinahe eine Meile breit ist, um mehr „als den vierten Theil enger zusammen getrieben wird.„

„So reißend ist der Apüreſtrohm an einer einzigen von seinen drei Mündungen.„ Hiſtoire de l'Orenoque tom. I. pag. 58.

„Wir langten an der Mündung des Miſſouri an, „welche nach Nordnordost und Südsüdost liegt. Ich „glaube, daß dieses die schönste Flußvereinigung ist, die „man in der Welt sehen mag. Die beiden Flüsse haben beinahe gleiche Breite, jeder beiläufig eine halbe „Meile; aber der Miſſouri ist weit reißender, und „scheint mit bewußter Ueberlegenheit in den Miſſiſſipi „hineinzuſtröhmen, zwischen dem er seine weißen Wasser

„bis

„bis zu dem andern Ufer quer hindurch führet, ohne sich „zu vermischen, er theilt solchem hierauf seine Farbe mit, „die der Missisipi nicht wieder verliehrt, und reißt sol„chen mit Gewalt mit sich fort bis ins Meer„ Charlevoix tom. III. pag. 392.

„Zur Zeit der Ueberschwemmung behält der Mis„sisipi seinen süßen Geschmack eine starke Meile in das „Meer hinein.„ Charlevoix tom. III. pag. 442.

293. Wenn zween Flüsse sich mit einander vereinigen, so vermischen sich ihre Wasser nur so viel früher, je geringer sie sind, je mehr ihre Geschwindigkeiten von einander verschieden sind, und je größer der Winkel ist, unter dem sie sich begegnen.

„Der Rio-Negro ergießt sich in den Amazonen„fluß in so paralleler Richtung mit demselben, daß man „ihn, wenn seine Durchsichtigkeit nicht wäre, von der „er der schwarze Fluß benannt wird, *) für einen durch ei„ne Insel abgesonderten Arm des Amazonenflusses halten „würde. Sogar verliehren seine Wasser durch die Ver„mischung mit den weißlichten und trüben Wassern des „Amazonenflusses ihre Farbe nicht eher als 15 Seemei„len, deren 20 auf einen Grad gehen, unterhalb der „Vereinigung, in geringer Entfernung von der Mündung „des Madereflusses.„ M. de la Condamine Mem. de l'Acad. année 1745. pag. 448. 455.

„Ich sahe den Zusammentritt der Rhone mit der „Arve. Dieser Fluß ist beträchtlicher und reißender als „die Dürance; gleichwohl drangen seine trüben Wasser „nicht

*) Allemal erscheint ein Wasser desto schwärzer, je tiefer und heller es an sich ist.

„nicht bis zur Mitte vom Flußbett der Rhone, und ließen „den Waſſern dieſes Strohms ihre ſchöne Farbe und „Durchſichtigkeit. Es iſt ein ganz beſonderer Anblick, „wenn man ſo entgegengeſetzte Erſcheinungen von einem „hohen Ort überſieht.„ (Lettre manuſcrite de M. Piſton ſur les Alpes.) Eine ähnliche Beobachtung hat Hr. Pitot bei der Vereinigung der Rhone mit der Durance angeſtellt.

294. Die Richtung eines Strohms, da wo er ſich in einem beträchtlichern Fluß vermiſcht, wird beinahe allemal durch die Lage und Beſchaffenheit des Bodens, über welchen er hinfließt, beſtimmt. Die Bäume und andere Materien, welche er mit ſich führen kann, und die ſich hin und wieder feſtſetzen, tragen auch noch zur Veränderung dieſer Richtung bei. Es gibt viele Flüſſe, die ſich in mehrere Arme zertheilen, bevor ſie ihren Namen verliehren, und dieſe Arme nehmen verſchiedene Richtungen. Mannigmal treten Flüſſe, die in verſchiedenen Betten floſſen, in der Nähe ihrer Vereinigung mit dem Hauptfluß, in ein einziges Bett zuſammen. Der Winkel, unter dem ſie zuſammentreten, hängt weder von der Maſſe noch von der Geſchwindigkeit des Strohms ab. Ganz gewöhnlich iſt dieſer Winkel ſpitz; doch ereignet es ſich auch, daß er ſtumpf iſt, und nicht ſelten iſt er ein rechter. Diejenigen, welche nicht gereiſt ſind, können die Verſchiedenheit dieſer zufälligen Erſcheinungen bei Flüſſen von gleicher Stärke erſehen, wenn ſie nur richtige Charten hierüber nachſchlagen.

Bei der Vereinigung zweener Flüſſe, wovon der eine reißender iſt als der andere, bemerkt man, daß die Oberfläche des langſamern Strohms eine höhere Lage annimmt.

mmt. Dieſen Erfolg bemerkt man um ſo viel mehr, größer der Unterſchied der Geſchwindigkeiten iſt. Man merkt ihn bei der Vereinigung der Rhone und der Saa-, der Rhone und der Dürance ꝛc. ſo daß er ſogar geeinen Leuten in die Augen fällt. Der Phyſiker, der h nicht ſelbſten von dieſer Erſcheinung überführen könn-, würde ihn doch leicht zum voraus erwarten dürfen, bald er nur die Vereinigung der Waſſer bei geringen Baſſerleitungen unterſucht hätte. Er würde daraus hinngliche Gründe hernehmen, die Erklärung nicht gelten laſſen, welche Hr. v. Büffon von einer Erſcheinung gegeben hat, und die ich ſchon gerügt habe. (§. 283.)

Zehnter Abſchnitt.

Von Entſtehung der Flußbette.

295.

Die Art, wie ſich Flüſſe ihre Bette machen, iſt der intereſſanteſte Theil ihrer Theorie; ſie war immer ie Klippe aller Schriftſteller, die ſich mit dieſer Unterſuchung abgegeben haben. Von denen Beobachtungen leitet, die ſie ſelbſt mitgetheilt haben, und durch die Widerſprüche, in die ſie verfallen ſind, mißtrauiſch geworden, wollen wir die Quellen ihrer Irrthümer anzeien, und es verſuchen, die Urſachen zu finden, welche em Anſchein nach ſo ganz entgegengeſetzte Erſcheinungen wirken.

Unſere Sinnen täuſchen uns immer, und bei dem Studium der Phyſik müſſen wir gegen ihr Zeugniß um o viel mehr auf der Huth ſein, je größer die Wirkungen ind, welche wir beobachten, und je mehr ſie unſere Kräf-

ge übersteigen. Nächst dem Anblick, den uns ein
mender Vulkan gewährt, ist der, welchen uns die
se verschaffen, für den Menschen der auffallendste.
Wasser, welche sie zusammenhäufen, bilden eine
heure Masse, die alle Augenblick erneuert, und m
fender Bewegung ohne Unterlaß von den höchsten
len der Erde bis in das Meer, welches sie versc
hinabgetrieben wird. Nach beträchtlichen Reger
oder aufgegangenen Schneemassen empfangen die
eine vergrößerte Wassermenge, und mit ihrer ver
ten Masse werden sie zugleich reißender. Der
und Sand, welche alsdann den Wassern ihre Du
tigkeit benehmen, dienen die Wirkung zu verberge
che sie gegen den Boden ausüben, und geben Anla
der reißenden Bewegung, die auf ihrer Oberfläch
bar ist, auf die Heftigkeit der Wirkung gegen de
den zu schließen. Man wird also durch den äußer
schein verleitet, die unruhige Bewegung und Fortsc
mung des Unraths der Geschwindigkeit und Höh
Wassers zuzuschreiben. Der Philosoph hat hierin
theilt, wie der gemeine Mann. Gleichwohl ist
ein sehr erheblicher Irrthum, und war die Quell
der Unvollkommenheit derer Theorien, welche ma
jetzt über die Art, wie die Flüsse ihre Bette bilden
kannt gemacht hat.

296. Kieselsteine sind bei ihrem ersten Eint
kleine oder große Flüsse gewöhnlich ganz ungestalte
der Folge werden diese Massen unvermerkt immer
ner, nehmen eine immer desto rundere Gestalt a
größer die Entfernung von dem Ort ist, von de
sich fortzuwälzen angefangen haben, und scheinen a
che Art dem Wasserstoß einen allmählig immer s

hern Widerſtand entgegenzuſetzen; gleichwohl iſt es unleugbar, daß ſie, ungeachtet ſie zum Fortſchwemmen immer geſchickter werden, dennoch in einer gewiſſen Entfernung vom Meer liegen bleiben, die deſto beträchtlicher wird, je größer der Weg iſt, den die Flüſſe ſchon durchlaufen haben.

Von allem, was die Flüſſe mit ſich führen und abſetzen, trägt nichts mehr zur Stöhrung ihres Laufs bei, als der Grand; es iſt alſo höchſt wichtig zu wiſſen, auf welche Art ſolcher fortgeführt wird, und welche Oerter die Anhäufung deſſelben am meiſten begünſtigen; denn man weiß, daß, wann er ſich einmal angehäuft hat, eine Art von Gegendamm ausmacht, welchen die Waſſer nicht leicht verdrängen können, und der ſolche gewöhnlich nöthigt, ihren Lauf zu ändern.

297. Der berühmte Gulielmini bemerkte in einem Fluß, daß ſeine Waſſer, welche über eine abhängige Fläche von ihrem Urſprung an bis ins Meer hinabrollten, und bei ihrer Wiedervereinigung allmählig immer geringere Hinderniſſe fanden, unter zunehmender Tiefe eine mittlere Geſchwindigkeit hatten, die immer reißender und ſchneller wurde, bis ſie ſich endlich verlohren. Er konnte nicht zweifeln, daß die Kieſeln durch das gegenſeitige Reiben ſowohl als durch das Reiben am Boden des Flußbetts abgerundet würden; aber die glatte Oberfläche konnte nur das Reſultat von heftigen Gegenſtößen ſein. An Oertern, wo ſie nur erſt die Wirkung geringer Waſſermaſſen gelitten hatten, waren ſie ſehr groß und ſo ungeſtaltet, daß ſie an allen Ecken faſt noch ganz zugeſpitzt waren; weiter fort erlangten ſie mit Verminderung ihrer Maſſe eine runde Geſtalt, und ſie verlohren immer

mehr von ihrer Größe, je größer die Gewalt des Strohms wurde, und je länger der Weg iſt, auf dem ſie der Wirkung des Strohms ausgeſetzt waren. Nachdem endlich die Waſſer bis zum letzten Grad der Beſchleunigung gelangt waren, floſſen ſie über den Sand weg und brachten keinen mehr mit ſich ins Meer. Dieſer Sand war aber nichts anders, als kleine Stückchen 1) von Kieſeln, welchen der ungeſtümme Lauf der Waſſer durch Bewirkung heftiger Stöße ſo weit zerſtöhrt hatte.

Gulielmini hatte Grund, die allmählige Abnahme der Kieſeln anzunehmen; er irrte nur, daß er ſolche für ſo gar ſchnell hielte. Da er aber den Waſſern eine Geſchwindigkeit beilegte, die um ſo viel größer ſei, je tiefer ſie wären, ſo legte er in der That eine Kraft zum Grund, die hinlänglich wäre, dergleichen Wirkungen, wie er behauptete, hervorzubringen, und zum wenigſten beruhte ſein Irrthum auf Gründen.

298.

1) Hr. Guettard ſcheint die Meinung des Gulielmini in Anſehung der Zerlegung der Steine in den Flüſſen angenommen zu haben. Nachſtehendes enthält dieſes berühmten Naturforſchers eigene Worte in ſeinen Beobachtungen tom. III. pag. 356.

„Ich bin mehr als einmal an verſchiedenen Stellen „der Donau übergefahren, und es hat mir geſchienen, „als wenn dieſer Strohm und mehrere Flüſſe, die ſich „hinein ergießen, viele Steine mit ſich fortführen, welche nach dem beſtändigen Zerreiben auf ihrem weiten „Lauf vielen Sand zur Mündung der Donau verurſachen müſſen. Der Po und Adige wälzen eine Menge Steine mit ſich fort, die durch Zerreibung zur Erzeugung des Sandes vorzüglich geſchickt ſind.„

298. Es gibt ohne Zweifel Steinarten, welche in en Betten der großen und kleinen Flüsse leicht Verände- ungen leiden. Die Gebürge der Ober-Provence beste- en hauptsächlich aus mergelartigen Steinen, die schicht- eise über einander liegen. Diese Steine, so fest sie uch dem Ansehen nach scheinen, wenn sie aus der Stein- rube kommen, springen dennoch gleich in Stücke von inander, wenn man sie in eine wälzende Bewegung ringt, und schon die Feuchtigkeit der Luft ist hinlänglich, e zu zerlegen; es ist also nicht zu verwundern, wenn e in Bächen und Ströhmen bald zerlegt werden; sie erden noch eher in Schlamm aufgelößt, als sie sich on den Oertern, wo sie ihre fortwälzende Bewegung nfangen, weit entfernen.

Alle Naturforscher, welche Gelegenheit gehabt ha- en, Granit- oder Schiefergebürge zu besteigen, haben ehr oder minder beträchtliche Lagen von diesen Steinar- n angetroffen, die sich leicht von einander trennen las- n. Zarter Granit oder Schiefer zerlegen sich also sehr ald, wenn man sie, besonders bei beträchtlichem Ge- älle, dem ungestümmen Schuß der Wasser ausseßt.

Es finden sich aber auch feste Stücke von Quarz, Granit, dichtem Kalchstein, Marmor ꝛc. in dem Lauf er Ströhme; sie werden zwar endlich abgerundet, und uf ihrer Oberfläche glatt abgeschliffen, nicht aber ge- ltsam zerlegt. Es war ohne Zweifel leicht, den Irr- um des Gulielmini zu entdecken; es durfte nur bewie- n werden, daß die Wirkung, welche er den Wassern legte, bloß in der Einbildung beruhte, und man hat- alsdann nicht nöthig, Erfahrungen zu machen, um ch zu überzeugen, daß die Masse von den allermeisten

in den Flußbetten befindlichen Steinen nur sehr lang
und mit großer Schwierigkeit vermindert werde.

299. Wenn auch die Verminderung der in
Flüssen fortgeführten Steine mit gewaltsamen Zerle
gen verknüpft wäre, so bemerkt man doch, daß
Oberfläche, sie mögen so groß sein als sie wollen,
mal glatt ist, und es müßten also die Stückchen, w
sich davon losbrechen, allemal wenn sie in Bewe
gesetzt würden, ohne Ausnahme sehr verfeinert
Man reibt vom Marmor, wenn man im Begriff
ihm die letzte Politur zu geben, nichts mehr ab als
sehr leichten Staub. Diese Betrachtung beweißt
flüßig; daß der Sand, welchen man in den Flußb
findet, und dessen Oberfläche voller Ecken und ungest
ist, kein Ueberbleibsel von den fortgewälzten Steine

300. Schriftsteller über das Steinreich sehen
den und Steine von einerlei Art als Materien an,
einerlei chemische Eigenschaften haben, und sich nur
ihren Umfang von einander unterscheiden. In der
erhält man Erden, sobald man Steine zerreibt.
specifische Schwere ist größer als die vom Wasser;
je kleinere Theilchen aber die Steine zerlegt werden,
so größer wird ihre Oberfläche in Vergleichung mi
rer Masse; sie werden also für die Wirkung der
ströhmenden Wasser um so viel empfänglicher, und
den von solchen um so viel leichter schwebend mit
geführt.

In je feinere Theile die Erden zerlegt sind, u
viel geringere Geschwindigkeit hat das Wasser nö
solche schwebend fortzuführen. Wenn ein etwas st
Regen auf gebaute Felder niederfällt, so bemerkt
sogl

gleich, daß die Waſſer gefärbt abfließen. Eben der rfolg erſcheint auf ungebauten Gebürgen, vorzüglich enn ſich Sand- oder Mergellagen auf ſolchen befinden, der überhaupt Erdarten, die ſich leicht zerlegen laſſen.

301. Wenn kleine Flüſſe aufhören, durch Regen- üſſe verſtärkt zu werden, und wenn ſie weiter keinen uſfluß mehr als von Quellen erhalten, ſo ſind ihre Waſ- r ganz klar; alle Flüſſe aber, welche häufig anwach- n, es mag ſolches nun von Quellen, Schnee oder Re- n herrühren, haben immer trübes Waſſer; da inzwi- hen große Ströhme gemeiniglich ſo fortfließen, daß ſo- ohl ihr Gefälle als ihre Geſchwindigkeit deſto geringer ird, je näher ſie ihrer Mündung kommen, da ſie auch s verſchiedenen andern Flüſſen entſtehen, und da dieſe lüſſe nicht alle zugleich anwachſen, ſo iſt begreiflich, daß eſſe Ströhme allemal um ſo viel weniger mit fremdar- gen Materien belaſtet ſind, je weiter ſie ſich ſchon von rem Urſprung entfernt haben, und je mehr Zeit ſchon ch geweſenen großen Ueberſchwemmungen verfloſſen iſt.

302. Die Farbe, welche die Waſſer der Ströh- e annehmen, hängt nothwendig von den Farben der rdarten ab, über welche ſie hinfließen, und von den nellern oder langſamern und öftern oder ſeltenern An- chſen, welche ſie leiden. Die Reiſende haben zuwei- l die Flüſſe durch die Farbe ihrer Waſſer angezeigt, d wenn ſie ihnen beſondere Namen gegeben haben, ſo ben ſie allemal gemeldet, wie ſolche gefärbt werden, wenig auch dieſe zufällige Erſcheinung bemerkens- rth war.

Wir wollen einige Beiſpiele anführen:

„Man gelangte den Tag darauf in den großen Fluß „Jaune, den man auch den Safranfluß nennt, und deſ„ſen Waſſer ſo ſchlammicht und ſo dick ſind, daß man „Noth hat, auf ſolchem überzufahren. Von weitem „würde man ihn für einen ſumpfichten Boden halten.„ Hiſtoire des voyages tom. V. pag. 258.

„Zween Flüſſe nordwärts vom Senegal verliehren „ſich nach einem Lauf von 60 Meilen, in dem großen „Kaſſon-See. Der mehr ſüdwärts gelegene, wird von „der dunkeln Farbe ſeiner Waſſer der ſchwarze Fluß ge„nennt; der andere heißt der weiße Fluß, weil die weiß„lichte Erde, über die er hinfließt, ihm dieſe Farbe gibt.„ Hiſtoire des voyages tom. II. pag. 530.

„Der Miſſouri führt ſeine weißen Waſſer in den „Miſſiſſipi; er theilt ihm dieſe Farbe mit, die derſelbe „auch bis zum Meer hin beibehält.„ Charlevoix tom. III. pag. 392.

„Bei Sion iſt ein Fluß, der in Betten von Thon„und Mergelerde fließt; dieſer iſt milchweiß, und macht „die Gegenden, welche er durchſtröhmt, außerordent„lich fruchtbar.„ Voyage aux glacieres de Savoie. pag. 120.

„Auf den Alpen trifft man Ströhme an, deren „Waſſer ſchwarz ſind, und welche durch die Schiefer„ſteine, über die ſie wegfließen und die ſie zerlegen, ge„färbt werden.„ ebend. pag. 166.

Die Dürance muß ſehr niedrig ſtehen, wenn ihre Waſſer hell ſein ſollen; gewöhnlich ſind ſie ſchwarz, und ſie erhalten dieſe Farbe von der Mergelerde, welche ſehr häufig in der Oberprovence und der Dauphine angetroffen wird.

Wenn

Wenn ein Fluß andere aufnimmt, welche über Er- n von verſchiedenen Eigenſchaften und Farben wegflie- n, ſo haben ſeine Waſſer bei einerlei Waſſerſtand doch cht allemal einerlei Farbe. Dieſe zufällige Eigenſchaft nn ſehr abwechſeln, und dient oft die Gegenden ken- n zu lernen, wo die ſtärkſte Regengüſſe gefallen ſind.

303. Alle große Flüſſe, deren Lauf nicht durch een unterbrochen wird, bringen bis zu ihrer Mündung n Waſſer, die allezeit mehr oder minder trüb ſind; aben ſie einmal ihre Klarheit verlohren, ſo können ſie ſche nicht wieder erlangen, weil ſie allemal in hinläng- cher Bewegung bleiben, um die feinſten Erdtheilchen hwebend fortzuführen.

304. Befinden ſich aber in ihrem Lauf natürliche ehälter von beträchtlicher Größe, worin ſie ihre Ge- hwindigkeit verliehren können, ſo laſſen ſie die aufge- ommenen Gebürgsarten zu Boden ſinken, und kommen , wo ſie ihren Lauf wieder fortſetzen, wieder ganz hel- zum Vorſchein. Die Waſſer der Rhone ſind bei ih- m Eintritt in den Genfer-See öfters ſehr trüb, und o ſie ſolchen wieder verlaſſen, ſind ſie allezeit ſehr klar.

Das mitternächtige Amerika enthält viele ſehr be- trächtliche Flüſſe, deren Waſſer immer durchſichtig ſind, nd dieſes nur darum, weil ſie durch Seen durchlaufen, worin ſie ſich abklären können.

Wenn man bei Hrn. de la Condamine lieſt, daß r Schwarzefluß mächtig genug iſt, den Maragnon zu- rückzutreiben, und ſogar nach ſeinem Eintritt in dieſen luß noch auf eine Strecke von 12 bis 15 Seemeilen ne Waſſer klar und kriſtalliniſch zu erhalten, ſo würde

man ſogleich ſchließen, daß dieſer Fluß durch Seen fließen müſſe, wenn auch Hr. de la Condamine nicht geſagt hätte:

> wenn man dieſem Fluß 14 Tage oder 3 Wochen und noch länger aufwärts gefahren ſei, ſo finde man ihn noch breiter als bei ſeiner Mündung, wegen der großen Anzahl von Inſeln und Seen, welche er bilde.

Denn es iſt unmöglich, daß die ungeheure Waſſerſammlungen in den Ströhmen von Regen, Quellen oder Schnee ſo beträchtlich erhalten werden können, ohne von irgend einigen Theilchen der Erdarten, die ihrem Strohm ausgeſetzt ſind, während ihrer Bewegung belaſtet zu bleiben. Wenn dieſe Waſſer durchſichtig ſcheinen, ſo kann dieſer Erfolg nur darum ſtatt finden, weil ſie auf eine gewiſſe Strecke ihres Laufs zu einer äußerſt langſamen Bewegung haben gelangen können.

305. Es iſt gar kein Zweifel, daß die Flüſſe bis zu ihrer Mündung eine ungeheure Menge Schlamm und Sand mit ſich führen. Dieſe aus den Gebürgen mit fortgeführte Stoffe ſind Urſache, daß das Meer ſeine Ufer unaufhörlich verändert und immer weiter zurücktritt. Aber der Sand und Schlamm ſind nicht die einzigen Materien, welche man in den Flußbetten antrifft.

Sobald die Steine in Vergleichung mit ihrer Maſſe nicht mehr Oberfläche genug haben, um darin ſchwebend fortgeführt zu werden, ſo fangen ſie an, die irreguläre Geſtalt zu verliehren, welche den Sand unterſcheidet; ſie reiben ſich auf dem Boden, ihre Ecken ſchleifen ſich ab, und ſie nehmen eine runde Geſtalt an. Man nennt ſie nun Grand, und man trifft ihn in einer-

lei Strecke des Flusses gewöhnlich von ganz verschiedener Größe an.

Es ist ausgemacht, daß die mitgeführten Steine desto kleiner werden, je länger sie fortgewälzt werden; man darf aber nicht alle diejenigen, welche klein sind, und die bei weitem die größte Anzahl ausmachen, als Ueberbleibsel von weit größern ansehen, sonst müßte diese ihre Zerlegung mit Gewalt von statten gehen. Ueberhaupt entstehen die in den Flüssen sich sammelnden kleinen Steine von solchen, welche schon klein in das Flußbett hinein kommen.

Man kann über die abgerundeten Steine, welche in den Flüssen angetroffen werden, sehr vielerlei Fragen aufwerfen. Wir wollen diejenigen hier vortragen, welche zur Erklärung der Art, wie die Wasser auf sie wirken, vorzüglich geschickt sind.

306. Erste Frage. Was hat es überhaupt mit der Anhägerung, welche die Flüsse bewirken, für eine Bewandniß?

Man weiß, daß die Gebürge, sowohl die zufälligen als die uranfänglichen, *) zum Theil aus zusammenhängenden Felsen bestehen, daß aber ihre Oberflächen gewöhnlich mit mehr oder minder mächtigen Erdlagen bedeckt ist, worunter sich zugleich Steine von größerer oder minderer Beträchtlichkeit eingemengt befinden.

Es ist auch eine Erfahrung, daß die Erd- und Steinarten auf einerlei Gebürge ziemlich allgemein von einer-

*) Im Original heißen sie: les secondaires & les primitives. s. Hrn. v. Cancrins erste Gründe der oberirdischen Erdbeschreibung §. 17.

man ſogleich ſchließen, daß dieſer Fluß durch Seen fließen müſſe, wenn auch Hr. de la Condamine nicht geſagt hätte:

> wenn man dieſem Fluß 14 Tage oder 3 Wochen und noch länger aufwärts gefahren ſei, ſo finde man ihn noch breiter als bei ſeiner Mündung, wegen der großen Anzahl von Inſeln und Seen, welche er bilde.

Denn es iſt unmöglich, daß die ungeheure Waſſerſammlungen in den Ströhmen von Regen, Quellen oder Schnee ſo beträchtlich erhalten werden können, ohne von irgend einigen Theilchen der Erdarten, die ihrem Strohm ausgeſetzt ſind, während ihrer Bewegung belaſtet zu bleiben. Wenn dieſe Waſſer durchſichtig ſcheinen, ſo kann dieſer Erfolg nur darum ſtatt finden, weil ſie auf eine gewiſſe Strecke ihres Laufs zu einer äußerſt langſamen Bewegung haben gelangen können.

305. Es iſt gar kein Zweifel, daß die Flüſſe bis zu ihrer Mündung eine ungeheure Menge Schlamm und Sand mit ſich führen. Dieſe aus den Gebürgen mit fortgeführte Stoffe ſind Urſache, daß das Meer ſeine Ufer unaufhörlich verändert und immer weiter zurücktritt. Aber der Sand und Schlamm ſind nicht die einzigen Materien, welche man in den Flußbetten antrifft.

Sobald die Steine in Vergleichung mit ihrer Maſſe nicht mehr Oberfläche genug haben, um darin ſchwebend fortgeführt zu werden, ſo fangen ſie an, die irreguläre Geſtalt zu verliehren, welche den Sand unterſcheidet; ſie reiben ſich auf dem Boden, ihre Ecken ſchleifen ſich ab, und ſie nehmen eine runde Geſtalt an. Man nennt ſie nun Grand, und man trifft ihn in einer-

lei Strecke des Flusses gewöhnlich von ganz verschiedener Größe an.

Es ist ausgemacht, daß die mitgeführten Steine desto kleiner werden, je länger sie fortgewälzt werden; man darf aber nicht alle diejenigen, welche klein sind, und die bei weitem die größte Anzahl ausmachen, als Ueberbleibsel von weit größern ansehen, sonst müßte diese ihre Zerlegung mit Gewalt von statten gehen. Ueberhaupt entstehen die in den Flüssen sich sammelnden kleinen Steine von solchen, welche schon klein in das Flußbett hinein kommen.

Man kann über die abgerundeten Steine, welche in den Flüssen angetroffen werden, sehr vielerlei Fragen aufwerfen. Wir wollen diejenigen hier vortragen, welche zur Erklärung der Art, wie die Wasser auf sie wirken, vorzüglich geschickt sind.

306. Erste Frage. Was hat es überhaupt mit der Anhägerung, welche die Flüsse bewirken, für eine Bewandniß?

Man weiß, daß die Gebürge, sowohl die zufälligen als die uranfänglichen, *) zum Theil aus zusammenhängenden Felsen bestehen, daß aber ihre Oberflächen gewöhnlich mit mehr oder minder mächtigen Erdlagen bedeckt ist, worunter sich zugleich Steine von größerer oder minderer Beträchtlichkeit eingemengt befinden.

Es ist auch eine Erfahrung, daß die Erd- und Steinarten auf einerlei Gebürge ziemlich allgemein von einer-

*) Im Original heißen sie: les secondaires & les primitives. s. Hrn. v. Cancrins erste Gründe der oberirdischen Erdbeschreibung §. 17.

einerlei Art ſind, nämlich ſandicht in Granitgebürgen, thonicht in ſchieferichten Gebürgen, endlich Kalch- und Mergelartig in kalchreichen Gegenden. *)

Die Flüſſe, welche Granitreiche Gegenden durchſtröhmen, führen nur Granit und Quarzſand mit ſich. In kalchreichen Gegenden findet man nur Steine und Sand von Kalch. Ueberhaupt beſtehen die in den Flüſſen befindliche frembartigen Stofe aus den nämlichen Erd- und Steinarten, wie die Gegenden, welche ſie durchſtröhmen. Wenn ein Fluß nach und nach verſchiedene Gebürgsarten antrifft, ſo findet man in ſeinen Bett Proben von allen Steinarten, welche er in ſeinem Lauf angetroffen hat.

307. **Zweite Frage.** Trifft man in zufälligen Gebürgen auch große Lagen von fortgewälzten Steinen an? und gibt es ſogar ſolche, die ganz hieraus beſtehen?

Seitdem die Naturforſcher die Erde mit Aufmerkſamkeit unterſucht haben, weiß man, daß es große Gegenden gibt, die gar nicht von Flüſſen durchſtröhmt werden, und gleichwohl mit abgewälzten Steinen bedeckt ſind. Da dieſe fortgewälzten Steine oft von ganz anderer Art ſind als diejenigen, woraus die benachbarten Gebürge beſtehen; da die Schiefer- Granit- Horn- Topf- und Marmor-Steine ꝛc. ſich unter einander vermengt befinden; da dieſe Stoffe urſprünglich Felſen von verſchiedener Art zugehört haben, die auch wahrſcheinlich beträchtlich

*) Ich müßte einen billigen Vorwurf erwarten, wenn ich die Ausſchweifungen des Hrn. Verf. aus der Hydraulik in die Mineralogie durch Anmerkungen noch vergrößern wollte; und dieſes iſt die Urſache, daß ich mich auch bei dieſer Stelle nicht darauf einlaſſe.

) von einander entfernt waren; da keine phyſiſche Ur-
hen bei der wirklichen Beſchaffenheit unſers Erdballs
che hervorbringen oder zuſammenhäufen kann; da ſie
erweiſe geordnet ſind, wie Erd- und Felſenarten der
älligen Gebürge; da ſogar ſie ſelbſten Gebürge lager-
iſe bilden, und da ſie oftmals auf anſehnliche ausge-
itete Strecken in ihren Lagern unendlich viele Ueber-
ibſel von Körpern aus dem Meere enthalten; 1) ſo
ß man ihnen eine frühere Entſtehung beimeſſen, von
Zeit her, da die Flüſſe über ſolche Gegenden hin-
ihmten, wo ſich jetzt dieſe Lagerſtätten befinden.

Wenn man alſo in einem Flußbett beträchtliche An-
ſungen von fortgewälzten Steinen antrifft, ſo darf
n nicht ſogleich den Schluß machen, daß grade dieſer
nliche Fluß ſolche beigeführt habe, und ſolche in die-
nämlichen Fluß ihre Bildung erhalten haben. Es
t ſich oft leicht erkennen, was man in ſolchem Fall an-
ehmen hat. Wenn man in Unterſuchung der Natur
ſer fortgeflößten Steine findet, daß ſie von der näm-
en Art ſind, wie die Felſen, woraus die benachbar-
Gebürge beſtehen; wenn man keine dergleichen Stei-
außer dem Flußbett antrifft; ſo wird man weiter nicht
iſſen, daß ſie in demſelben gebildet worden ſind; wenn
r in einer Gegend, wo die Gebürge aus Kalchſteinen
ehen, das Bett eines Fluſſes reich an Granit iſt,
hauptſächlich wenn ich große Ebenen und ſogar Hü-
finde, die ganz oder zum Theil aus dergleichen fort-
gewälz-

1) Hiſtoire naturelle des mineraux tom. I. pag. 331. Obſervations ſur la Durance dans le journal de phyſique annee 1783.

gewälzten Steinen zuſammengeſetzt ſind, ſo werde ich mich alsdann für berechtigt halten, zu glauben, daß die in dieſem Flußbett befindlichen von jenen dahin gekommen ſind.

Die Dürance fließt von ihrem Eintritt in die Provence bis zu ihrem Ausfluß in die Rhone in Ebenen und zwiſchen Hügeln, die faſt ganz aus zuſammengewälzten Steinen beſtehen. Da ihre Waſſer immer trübe und ſehr reißend ſind, ſo hatte bis jetzt Jedermann geglaubt, daß ſie unabläßig dergleichen fortgewälzte Steine *) führt. 1) Ich habe in meinen Beobachtungen über die-

*) Dieſe in den Flüſſen fortgewälzten Steine werden im Original allemal durch das Wort des cailloux ausgedrückt, das ich aber nicht allemal durch Kieſel überſetzt habe, weil offenbar jede Steinart ein Eigenthum der Flüſſe werden kann. Ausdrücke, wie dieſe: des cailloux roulés oder arrondis können eben ſo wenig auf abgerundete Kieſel eingeſchränkt werden, ſondern können ſich auf jede Art von abgerundeten Steinen beziehen. Sogenannte zu ſehr großen Maſſen zuſammengebackene Wurſtſteine habe ich in der Wetterau bei Münzenberg auf einer Anhöhe angetroffen, wo ſich gar kein Fluß in der Nähe befindet.

1) Niemand hat die Wirkungen von dem Strohm der Dürance, nach dem Eindruck, den ſie allgemein machen, richtiger angegeben, als Titus Livius bei Gelegenheit von Hannibals Feldzug in Italien. Hier ſind ſeine Worte: „Unter allen Flüſſen, welche in den Alpen ent„ſpringen, iſt die Schiffahrt auf keinem ſo ſchwer als „auf der Dürance. Die Maſſe von Waſſer, welche „ſich auf ihrem Bette hinabwälzt, iſt unermeßlich, und „doch iſt ſie nicht ſchiffbar; ſie hat, ſo zu reden, gar „keine Ufer; ſie hat immer mehrere Bette, ohne eines „davon

en Fluß gewieſen, daß man bei ihrer Mündung nur kleinartigen Grand und Schlamm antreffe, und daß an ihren Ufern gelegenen Ortſchaften ſeit mehrern jrhunderten beſtändig in gleicher Höhe über ihrem ıſſerpaß geblieben ſind. Es müßte alſo dieſer Fluß) der gemeinen Meinung unaufhörlich neuen Stoff aufmen, ohne daß ſein Bett jemalen höher damit angeı würde. Mehrere Naturforſcher haben ſich nicht ſo t eingeſchränkt, daß ſie die gemeine Vorſtellung von ununterbrochenen Wirkung der Dürance auf die fortößten Steine angenommen hätten; ſie haben behaup. die Ebenen und Hügel, welche damit bedeckt ſein, :en vormalige Bette dieſes Strohms geweſen. Da an ſehr vielen Stellen über große Steinmaſſen fließt, aus ſolchen Flößſteinen zuſammengebacken ſind, und in vielen Strecken ihres Laufs die aus ſolchen abgedeten Steinen zuſammengeſetzten Anhöhen 150 Lachhoch über ihre Oberfläche erhaben ſind, ſo kann man ht zeigen, wie ungegründet dieſe Meinung iſt, denn an dieſe Naturforſcher überlegen, daß die Dürance ihr ett immer mehr aushöhlt, ſo dürfte ſie nicht über Hauſolcher abgerundeten Steine wegfließen, weil ſie vorıſetzen, daß die Dürance ſolche herbeiführe; und wenn glauben, daß das Bett der Dürance immer höher liegen komme, ſo kann ſolche nicht die Ebenen und die

„davon beſtändig beizubehalten; alle Augenblick entſtehen „darin neue Fürthen und neue Abgründe, ſo daß ſogar „die Fußgänger hier keine bleibende Straße haben. Da „ſie übrigens unaufhörlich abgerundete Steine mit ſich „führt, ſo iſt ihr Boden ſehr ungewiß und ihre Ueber„fahrt gefährlich. Dec. 3. liv. I.

die Anhöhen gebildet haben, die über ihrer Oberfläche liegen.

Es gibt mehrere Flüsse in der Provence, deren Bett nicht eher mit einer großen Menge beigewälzter Steine versehen ist, als wo solche schon weit von ihrem Ursprung entfernt sind.

Man findet nicht weit von Antibes den Loup, der in Kalchgebürgen entspringt, und fast auf seinem ganzen Lauf keine andere Steine als von eben dieser Art mit sich führt. So wie er sich dem Meer nähert, durchströhmt er Gegenden, die mit abgerundeten Steinen angefüllt sind; da man aber unter solchen Granite, Marmor und andere von denen, welche der Fluß bis hierher mit sich geführt hat, ganz verschiedene Steinarten unterscheidet, so schließt man, daß diese Graniten ꝛc. schon oberhalb seinem Lauf in ihrer völligen Gestalt vorhanden gewesen sein müssen.

Der Varus ströhmt, nachdem er die Gebürge von Savoien verlassen, und durch mehrere Flüsse aus der Oberprovence verstärkt worden, 4 bis 5 Meilen weit vom Meer, durch Gegenden, wo die Ebenen und die Anhöhen beinahe ganz aus abgerundeten Steinen bestehen; sein Bett ist alsdann durchaus mit eben solchen Steinen angefüllt; und man findet sie bis zu seiner Mündung hin. Da seine Wasser schnell fließen, so hat man nicht unterlassen zu behaupten, daß solche allezeit Grand mit sich führen. Da man aber weiß, daß von Antibes an die Meeresufer keine andere als eben solche Steine zum Vorschein bringen, und daß die meisten Anhöhen längst den Ufern des Varus hinauf eine beträchtliche Strecke aus ähnlichen Steinen bestehen, so wird man der Meinung beitreten müssen, daß diejenigen, welche

in

seinem Bett angetroffen werden, darin, so zu reden, ſicht zu Haus ſind. Man trifft ſie darin in ſo großer Menge an, und ſie geben dem Boden eine ſolche Feſtigkeit, daß man, ungeachtet der Anhägerungen von Schlamm, welchen dieſer Fluß zuſammenhäuft, ſolchen gewöhnlich, dafern ſeine Waſſer nicht zu hoch ſtehen, ei ſeiner Mündung ſogar mit belaſteten Thieren durchaten kann.

Die Rhone hat an ihrem linken Ufer unermeßliche Gegenden voll von abgewälzten Steinen, die ſie zuverläßig nicht beigeführt hat, nicht nur in der Grafſchaft Avignon, dem Fürſtenthum Orange und der Dauphine, ondern ſogar oberhalb Lyon.

Hier iſt die ſchicklichſte Gelegenheit, die Meinung es Hrn. von Sauſſüre über die Entſtehung der Bänke on abgerundeten Steinen, welche er in den Gegenden on Genf beobachtet hat, zu unterſuchen. Dieſer berühmte Schriftſteller erklärt ſogleich einige Erſcheinungen auf nachſtehende Art:

„Der Naturforſcher, welcher die hohen Gebürge „bereiſt, wo die Flüſſe entſpringen, ſieht wie Steine, „die von Natur eckicht ſind, ihre Ecken beinahe unter „ſeinen Augen verliehren, ſich abrunden und ſich in abgewälzte Kieſel verwandlen. Vorzüglich aber habe „ich dieſe ſchöne Beobachtung an den Grenzen großer „Eishaufen gemacht, woraus heftige Ströhme mit Un„geſtümm abſchießen. Z. B. bei dem Urſprung der „Flüſſe, Aar, Rhone, Arveron ꝛc. Da dieſe Flüſſe „aus Eishaufen in Höhen entſpringen, die keine andere „Flüſſe durchſtröhmen, ſo haben alle Steine, die außer „ihrem Bette liegen, die ihnen von Natur eigene eckich-

„te Gestalt. Man sieht daher über dem Eishausen, aus „welchem der Strohm seinen Anfang nimmt, und ober„halb der anliegenden Gebürgslagen keinen einzigen „Stein, der nicht scharfe Winkel und Kanten habe; in „dem Flußbett aber haben die nämlichen Steine lauter „abgeschliffene Winkel und eine abgerundete Gestalt; es „sind wirklich Kieseln, die sich durch ihre wälzende Be„wegung abgerundet haben.„

„Die Wellen sind gleichfalls vermögend, den Stei„nen eine abgerundete Gestalt zu geben, und man sieht „den Beweis davon, wenn man an den Ufern großer „Seen und noch besser an den Meeresufern Felsen an„trifft, deren Bruchstücke von Natur eckicht sind; man „sieht, wie diejenigen, welche der wankenden Bewegung „der Wellen ausgesetzt waren, abgeschliffen und zugerun„det sind, da hingegen, welche außer dem Wasser ge„blieben sind, ihre natürliche Ecken behalten haben. „Eben so habe ich große Stücke harte und eckigte Lave „aus dem Aetna gesehen, die durch den Stoß der Wel„len völlig abgerundet, und sogar in wenigen Jahren um „die Hälfte kleiner geworden waren.

Weiter fort setzt Hr. von Sauſſüre hinzu: .... „Wenn man mit Aufmerksamkeit die Natur und die La„ge der fortgewälzten Steine und Bruchstücke von Felsen „untersucht, welche man in dem Thal unsers Sees und „auf den benachbarten Gebürgen antrifft, so wird man „sich bald überzeugen, daß sie durch die Wasser fortge„führt und abgerundet worden sind; und daß es höchst „unwahrscheinlich ist, daß sie in eben den Gegenden, „wo man sie findet, auch ihre Bildung erhalten haben „sollten.„

„Man

„Man wird finden, daß der gröſte Theil dieſer Kieſelſteine und Felſenſtücke von Granit, oder geblät-terten Felſen oder ſonſtigen Alpen- oder urſprünglichen Steinen herrühren, indeß der Boden, über dem ſolche ausgebreitet liegen, aus Kalch- oder Sandſtein beſteht, welch von ganz anderer Beſchaffenheit iſt.„ ....

„Nicht bloß die Ufer des Sees und der Fuß der be-nachbarten Gebürge ſind mit ſolchen Kieſeln und groſſen Bruchſtücken von urſprünglichen Felſen bedeckt; man findet dergleichen auch auf dem Berg Saleve und auf den Anhöhen des Berges Jüra, welche gegen die Al-pen liegen, bis auf die Höhe von 3 oder 400 Lachter über der Oberfläche des Sees.„

„Die Waſſer müſſen alſo bis auf dieſe Höhe ge-ſtanden haben.„

„Aber, wird man fragen, was hatten dieſe Waſ-ſer für einen Urſprung? Was gab ihnen einen ſo hef-tigen Stoß? Wie haben dieſe Felſenmaſſen auf ſolche Anhöhen gebracht werden können, da ſie durch weite und tiefe Thäler von den uranfänglichen Alpengebürgen abgeſondert ſind?„

„Antwort. Die Waſſer des Weltmeeres, woraus unſere Gebürge gebildet worden ſind, bedeckten noch ei-nen Theil dieſer Gebürge, als eine heftige Erſchütte-rung des Erdballs mit einmal groſe Klüften eröfnete, die zuvor leer waren, und eine groſe Anzahl von Fel-ſen losriſſe ꝛc.

Ich habe ſchon angemerkt, daß die mit dergleichen abgewälzten Kieſeln angefüllten Anhöhen und Ebe-nen auf der Oberfläche der Erde ſehr gemein ſind. Es iſt etwas ganz bekanntes, daß man ſolche, ſo zu reden,

„cogne, iſt der Sammelplatz aller Stoffe, welche der „Ocean unaufhörlich von den anſtoßenden Küſten weg„nimmt; die großen Flüſſe, welche ihre Mündung in „dem Meerbuſen haben, führen auch vielen Sand, al„lerlei Steine, fortgewälzte und durch das Reiben abge„rundete Kieſel mit ſich dahin.„

„Der Fluß Adour reißt auf ſeinem Weg von den „Pyrenäiſchen Gebürgen herab mit ſtarkem Geröſe un„geheure Stücken von Granit, Baſalt und Schörl mit „ſich fort, und ſein ungeſtümmer Lauf wälzt ſolche ſehr „weit ins Meer hinein.„ Ich muthmaße, daß der Adourfluß Gegenden durchſtröhme, welche mit abgewälzten Kieſeln bedeckt ſind. Als ich die Abhandlung des Hrn. von Arcet über die wahre Beſchaffenheit der Pyrenäen und über die Urſachen ihrer abnehmenden Höhen nachlas, wurde ich in meiner Meinung völlig beſtärkt. Hier folgen einige Auszüge aus dieſem Werk.

„Unter allen Gegenden des Erdballs, wo die Zeit „am meiſten Merkmale ihrer Veränderungen und Zer„ſtöhrungen hinterlaſſen hat, gibt es keine ſo gänzlich zer„rüttete als die Gebürge, welche man uranfängliche nennt. „Der Theil von den Pyrenäen, welchen ich bereiſt habe, „ſoll mir zum Beiſpiel dienen.„

„Der Granitfels iſt auf ſeinem Gipfel ganz nackt. „Dieſer ſchmaal zuſammenlaufende Gipfel iſt zu oberſt „ein Haufen von Ueberbleibſeln, die einer Feſtung gleich „ſehen, deren Mauern niedergeriſſen ſind. Die von „einander, unterſchiedenen Abtheilungen des Felſen be„halten die Winkel und Seitenlinien, kurz die Geſtalt, „wonach ſie gebrochen ſind. In dieſem Zuſtand ſind „alle hohe Gipfeln; und in dem nämlichen befindet ſich

„der

„der auf der mittägigen Seite, welcher der höchſte un-
„ter allen iſt; auf der ſüdlichen Seite iſt er mit einem
„unermeßlichen Haufen von Bruchſtücken des zerſplitter-
„ten Felſen, welcher ſeinen Gipfel begrenzt, bedeckt, da
„er hingegen auf der Nordſeite auf eine ungeheure Tiefe
„ausgehöhlt iſt, wovon die losgeriſſenen Stücke ſich in
„der Ebene zuſammenhäufen, und zufällige Gebürge von
„ſehr beträchtlicher Höhe bilden.„

„Sobald ſich ein enges Thal durch das Auseinan-
„dergehen zweier großen Gebürge erweitert, ſo wird man
„auf ſeinen Abhängen andere liegen ſehen, deren Ober-
„flächen ſanfter und flacher gebildet ſind. Dieſe andere
„Gebürge ſind alſo ſpäter entſtanden; ſie haben ihren
„Urſprung von den abgeriſſenen Stücken der erſtern.
„Der Berg Barege dient hier zum Beiſpiel, ſeine Maſ-
„ſe beſteht aus lauter Theilen, die keinen feſten Zuſam-
„menhang unter einander haben .... er iſt nicht lager-
„weiſe gebildet .... er gleicht nur einem unermeßlichen
„und verworrenen Haufen von losgeriſſenen und wegge-
„führten Stücken von allen den Steinarten, woraus die
„höhere und weiter gelegene Gebürge zuſammengeſetzt
„ſind. Dieſe kieſigte Gebürgsart iſt mit losgeriſſenen
„ungeheuren Felſenmaſſen angefüllt, die augenſcheinlich
„durch das Waſſer fortgewälzt, verkleinert und abge-
„rundet worden, und durchaus denen Schiefer- und
„Granitſtücken ähnlich ſind, womit der Boden des Ba-
„rege und das Bett des benachbarten Fluſſes angefüllt
„ſind. Die unermeßlichen Gruben, welche die herab-
„gerollten Schneemaſſen in dieſen Gebürgen ausgehöhlt
„haben, geben die Art ihres Urſprungs und ihrer Bil-
„dung zu erkennen.„

„Ich würde kein Ende finden, wenn ich alles das, „was man ſonſt noch von Zertrümmerungen antrifft, er„zählen wollte. Man mag, in welcher Richtung man „will, die Pyrenäen beſteigen, je mehr man ſich gegen „den Mittelpunkt dieſer Gebürge erhebt, deſtomehr fin„det man unter ſeinen Füßen und über ſeinem Haupt die „Merkmale einer ſolchen Zerſtöhrung. Dieſe Ruinen „ſind alſo zum Theil in dem Innern der Gebürge zurück„geblieben, wo ſie tauſend andere von der zwoten Ord„nung bilden, welche ſich überall an den Fuß der erſtern „anlehnen, und öfters ſogar auf eine beträchtliche Höhe. „So verhält es ſich mit dem Berg Irati auf der Seite „von Saint-Jean-Pied-de-Port. Dieſer mit ei„nem Wald von Fichten jeden Alters bedeckte Berg iſt „bis auf ſeinen Gipfel mit fortgewälzten Kieſeln angefüllt.„

„Dergleichen durch die Garonne, die Gaves und „den Adour weggeführte Trümmern findet man auch in „Languedoc, Béarn, Bigorre und Gascogne. Die „Betten gedachter Flüſſe ſind damit bedeckt, und noch „heutiges Tages ſind ſie darin von der Art, daß man „ſie nicht verkennen kann. Der hohe Dammweg von „Oleron nach Navarreins iſt größtentheils in einem Hauf„werk ſolcher fortgewälzten Kieſeln angelegt, welche mit „dem unterhalb fließenden Strohm vollkommen einerlei „ſind. Man erkennt ſolche noch an dem Meeresufer „von Andaye bis nach Bayonne, wiewohl ſie ſehr ver„zehrt und in kleine Kieſeln und Grand verwandelt wor„den ſind; 50 Meilen weiter fort fangen ſie endlich an, „die ganze Gegend von Medoc zu bedecken.„

„Ich ſage noch mehr: die Kette von Hügeln, wel„che die von Gräben durchſchnittene Landſchaft Chaloſſe

„von

„von der großen Ebene des Landes abſondert, die ſich „von Armanac zwiſchen den Ufern des Adour und Ga„ronne bis zu dem Meer hin erſtreckt, enthält eine un„ſägliche Menge ſolcher fortgewälzten Steine. Die ſehr „beträchtliche Höhe, auf der die Stadt Saint-Sever „angelegt iſt, iſt von ihrem Gipfel bis zu einer beträch„lichen Tiefe herab daraus erbaut worden.„

„Man ſieht alſo aus dieſer Schilderung, daß die „Ruinen der Pyrenäen nach allen Gegenden gegen Mit„ternacht und Abend hin in Frankreich auf eine ſehr be„trächtliche Strecke fortgeführt werden; man findet ſie „auch auf der mittägigen Seite weit in Spanien ausge„breitet; und wer kann ſagen, was für eine ungeheure „Menge die beiden Meere und hauptſächlich das große „Weltmeer in ſeinem Schooß verbirgt?„

„Aber wir wollen nunmehr auf die mächtigen Grund„urſachen hinſehen, welche in der Länge der Zeit alle dieſe „Zerſtöhrungen haben bewirken können.„

„Mich dünkt, es laſſe ſich dieſe Kette, welche ſich „ſo von einem Meer zum andern erſtreckt, wie eine große „Bank anſehen, und als eine Gegend, die bei ihrem „Urſprung außerordentlich hoch erhaben, und anfangs „ungebrochen und gleich fortginge, die aber in der Fol„ge Beſchädigungen erlitten, und durch vielerlei Bege„benheiten verunſtaltet und zerrüttet worden, als durch „die Verſchmelzung des Schnees, durch das Abrollen „großer Schneemaſſen, durch die Winde, Regengüſſe, „Ungewitter, Erdbeben, Abwechſelung von Dürre und „Näſſe, von Froſt und Thauwetter.„

Hr. v. Arcet ſieht ſogar das Moos, die Pflanzen „und Bäume als die nächſte Urſache von der Zerſtöhrung „der Gebürge an.

Dieſe Auszüge beweiſen, daß der Adour ꝛc. Gegenden durchſtröhmt, die von fortgewälzten Kieſeln ihre Bildung haben, welche denen ähnlich ſind, die in den Betten der Rhone, der Dürance, des Vars ꝛc. angetroffen werden; nicht aber, daß dieſer Fluß dergleichen Kieſeln von den Pyrenäen bis in das Meer fortführe.

Man ſieht aus dieſen Auszügen, daß unzählig viele zufällige Gebürge, nach dem Hrn. von Arcet, Regengüſſen und Schneewaſſern ihren Urſprung verdanken, denn dieſes ſind die wirkſamſten von allen denen Begebenheiten, welche er als die Urſachen von der Abnahme der Pyrenäen angeführt hat.

Gleichwohl ſcheint dieſe Meinung ſehr ſchwach gegründet zu ſein, wenn man mit einiger Genauigkeit die Wirkungen der Waſſer in den Flüſſen kennt, und wenn man weiß, daß die mächtigſten Ströhme nicht nur keine Gebürge hervorbringen, ſondern auch bald aufhören, in ihrem Bett mitgeführte Kieſeln zu zeigen. Außerdem muß Hr. v. Arcet zugeben, daß damals der Ocean weit höher ſtand, weil er ſehr hohe Gebürge bedeckte; die Spitzen der Pyrenäen ragten alſo damals weit weniger über die Meeresfläche hervor, und die Temperatur der Luft war alſo über dieſen Gebürgen gelinder; Schneemaſſen waren entweder gar nicht da, oder doch in geringerer Menge. Die damals ſtröhmenden Flüſſe hatten einen kürzern Lauf, und brachten alſo auch nothwendig weniger Waſſer zuſammen; da ſie früher von dem Meer aufgenommen wurden, ſo verlohren ſie auch früher alle ihre Geſchwindigkeit, und ließen folglich die mitgeführten Steine näher bei ihrem Urſprung zurück; die Wirkungen, welche ſie hervorbrachten, waren alſo nothwendig

dig ſchwächer als ſie heutiges Tags ſind. Wenn alſo jetzt die von Schneemaſſen und Regengüſſen entſtehenden Fluthen keine Berge hervorbringen können, und die auf ihrem Lauf antreffenden Steine nur auf kurze Strecken mit ſich fortführen, ſo muß man ſchließen, daß ſie niemalen beträchtlichere Wirkungen ausüben konnten, und daß die zufälligen Berge in den Pyrenäen nicht von denen Begebenheiten hergeleitet werden können, welche Hr. v. Arcet als die Urſachen davon angibt.

Nach Mittheilung nachfolgenden Auszugs aus einem Brief des Hrn. v. Morveau: („Ich habe beobachtet, daß „die grau-ſchwarze mit ſchönen weißen Adern durchlaufenen Kieſelſteine, die an den Ufern der Rhone ſo gemein ſind und als wahre Kieſel angeſehen werden, „nichts anders ſind als fortgewälzte und durch das Anſtoßen abgerundete Kalchſteine, *) die mir alle von Mill„lery in der Schweiz, der einzigen Stelle, wo ich ein „dergleichen Kalchſteingebürg kenne, herzukommen ſchei„nen,

*) Man wird ſich hier der ſchon oben von mir gemachten Anmerkung wegen des Worts caillaux erinnern. Die Brettach, ein kleiner Bach im Anſpachiſchen, an welchem die anliegenden Müller in trocknen Jahreszeiten etwa nur zweimal wöchentlich mahlen können, wächſt öfters bei erfolgenden Regengüſſen oder aufgehenden Schnee ſo an, daß ſie in 1 Sek. weit über 2000 Kubikfuß Waſſer abführt. Sie reißt alsdann ungeheure Steinmaſſen mit ſich fort, und überſchüttet das Thal, welches von ihr durchſtröhmt wird, mit einer ungeheuren Menge kleiner abgerundeten Steine, mehrentheils mit grobem Grand; ich habe mir Mühe gegeben, die Verſchiedenheit dieſer Steinarten zu unterſuchen, aber bei aller Mühe doch nicht ein einziges Steinchen gefunden, das nicht

„nen, ſo daß dieſe Steinmaſſen, welche eine mehr als „40 Meilen lange Strecke Landes bedecken, einen Beweis „davon abgeben, wie ungeheuer weit das Waſſer fremde „Körper mit ſich fortführt.„) ſetzt Hr. v. Büffon hinzu: „es iſt kein Zweifel, daß ſo ſchnelle Waſſer, als die der „Rhone ſind, ziemlich beträchtliche Steinmaſſen auf ſehr „große Strecken wegführen können, aber der Urſprung „dieſer abgerundeten Steine ſcheint mir weit älter, als „die Wirkſamkeit der großen und kleinen Flüſſe zu ſein, „weil es Gebürge gibt, die beinahe ganz aus ſolchen ab„gerundeten Steinen zuſammengeſetzt ſind, die hierbei „durch nichts anders als durch die Meereswaſſer zuſam„mengehäuft werden konnten.„ Hiſtoire naturelle des mineraux tom. II. page 47.

Der Verfaſſer der trefflichen Einleitung, welche dem Werk: Voyages pittoresques de la Suiſſe voranſteht, hat, was den Einfluß ſtröhmender Waſſer auf die Kieſelſteine betrifft, die gemeine Meinung angenommen.

„Man hat nicht allemal nöthig, auf die Wirkung „der Meereswellen zurückzugehen, um die Urſache von „der Rundung der Kieſel- oder Strandſteine zu entdecken. „Die Ströhme können auf eine kurze Strecke ihres Laufs „dieſe Wirkung bei den härteſten Arten hervorbringen, „wenn ſie ſich über ein ſtark fallendes Bett hinabſtürzen. „Es wird nicht überflüßig ſein, hier eine Begebenheit „zu erzählen, die ſich, ſo zu reden, unter unſern Augen „zugetragen hat.„

„Den

nicht zu den Kalchſteinen gehörte. In einer gewiſſen Gegend wurde in dieſem Thal nach Salzquellen gebohrt, und man fand durch den Bohrer dieſe fortgewälzten kleinen Kalchſteine noch in der Tiefe von 34 Fuß.

„Den 16. Jul. 1777 beſtiegen wir die Eisgegen-
„den der Alpen in der Savoiſchen Landſchaft Faucigny.
„Auf dem Weg nach der Eisgegend des Alpenſtücks Ar-
„gentiere bei Chamouny ſahen wir, daß eine ungeheure
„Menge Grand, und vorzüglich fortgewälzte und abge-
„rundete Steine, beträchtliche Strecken bedeckte; Fich-
„ten, Lerchenbäume und ſehr ſtarke Erlen waren wegge-
„riſſen, umgeſtürzt und zum Theil zerbrochen; tiefe
„Gruben waren neuerlich ausgehoben. Granitmaſſen
„von ſeltener Größe waren weit weggeworfen, andere
„waren unter dieſe Haufen von Schutt vergraben; durch
„ſie hin bemerkte man einige Spuren von angebauten
„Land, von Einfaſſungen und von Beſitzungen. Dieſe
„ganze Zerſtöhrung hatte das Anſehen, als ob ſie vom
„vorigen Tag wäre. Hr. le Jond, Pfarrer des Orts,
„ſagte uns, daß den 2ten eben des Monats Morgens
„um 6 Uhr ein warmer Regen gefallen ſei, der 24 Stun-
„den angehalten habe; in der Nacht habe man ein er-
„ſchreckliches Brauſen und Getöſe gehört; die Häuſer
„im Dorf ſein durch dieſes Brauſen dergeſtalt erſchüttert
„worden, daß alle Einwohner, ohngeachtet des dabei
„erfolgten fürchterlichen Regens, ihre Wohnungen ver-
„laſſen hätten, in der Meinung, es ſei ein Erdbeben,
„und in der Furcht, ſie möchten unter den Ruinen ihrer
„Häuſer begraben werden; ein ſehr ſtarker Schwefelge-
„ruch und ein Staub, wobei man nicht mehr habe ath-
„men können, hätten ſie in dieſer Furcht beſtärkt, und
„ſie abgehalten, vor Tag wieder in ihre Wohnungen zu-
„rückzugehen, bis ſie überzeugt geworden wären, daß
„dieſer Geruch und Staub von den Steinen herrührte,
„welche mit den Waſſern herabſtürzten, und daß über-
„haupt dieſer Unfall und die Zerſtöhrung der Viehwei-

„den

Wenn man mir ſagt, daß beträchtliche Waſſermaſſen tiefe Aushöhlungen hervorgebracht haben, ſo glaube ich ſolches ſehr gerne, zumal wenn der Boden, wo ſolche entſtanden ſind, nicht ſteinicht iſt. Erden, Sand, Schlamm werden leicht zerlegt und in den Waſſern ſchwebend erhalten; wäre aber der Boden ſteinicht, ſo könnten ſolche Vertiefungen nur ſehr langſam und ſchwer ausgehölt werden. Allemal werden nur die äußerſten Kieſel weggehoben, und ſie werden ſogar von dem Strohm bald am Ufer ausgeworfen; man begreift nämlich, daß, wenn ſie auf einmal in etwas großen Haufen mit fortgeriſſen würden, alsdann daraus Anhöhungen entſtehen würden, welche die Waſſer nicht überſteigen könnten, und die ſtatt eines Gegendamms dienen würden.

Ich habe in bergichten Gegenden nach Stürmen Plätze geſehen, die zuvor fruchtbar und nun gänzlich mit Steinen bedeckt waren. Dieſe Kieſel waren aber nicht durch die Waſſer beigeführt worden; das Erdreich war weggehoben, und das von demſelben bedeckt geweſene Geſtein war zurückgeblieben. Auf Gebirgen, die aus fortgewälzten Kieſeln beſtanden hätten, würden dieſe Steine, welche dem ungeſtümmen Lauf des Waſſers widerſtanden hätten, abgerundet geweſen ſein; hätte man aber nun ihre Geſtalt als die Wirkung eines einzelnen vorübergehenden ſtürmiſchen Zufalls anſehen können? Man laſſe von der Höhe eines ſteilen Bergs harte Steine herabſpringen, ſie werden ſich öfters zerſchlagen können; manche ihrer Ecken wird ſich abſchleifen, aber keiner wird ſich abrunden noch eine glatte Oberfläche annehmen; dieſe Geſtalt kann nur durch eine anhaltende und langſame Bewegung hervorgebracht werden. Was das

Stemm-

Stemmeiſen und Handfäuſtel nur ſehr ſchwer bei Quarzſteinen ausrichten, was die anhaltende Reibung mit Schmirgel-Staub mühſam bewirkt, kann nicht das Werk einer ſchnellen und bald vorübergehenden Bewegung der Waſſer ſein. Setzt man zu dieſen Betrachtungen noch hinzu, daß die Kieſel einen ſehr großen Theil ihres Gewichts im Waſſer verliehren; daß ſie ſich alſo darin ſo fortbewegen, als ob ſie wirklich eine geringere Maſſe hätten; daß ſie nur mit wenigen Stellen aufliegen; daß ſie nur einen Theil von der Bewegung des Waſſers annehmen, ſo wird man niemalen glauben können, daß die Stöße, welche ſie leiden, hinlänglich ſein, ſie in kleine Stücke zu zerlegen, ihre Kanten abzuſchleifen, ihre Oberfläche glatt zu machen, die Ecken der Granitmaſſen abzurunden, ihre Seitenflächen auszuhöhlen, und die Aushöhlungen der Flußbette in den härteſten Felſen zu befördern; und am wenigſten wird man jemals begreifen, daß Steine, die ſich im Waſſer zerſchlagen und zertrümmern, den Staub, in den ſie ſich auflöſen, in die Luft fahren laſſen.

Ich habe oft, wenn ein Fluß ſchnell und ſtark anſchwolle, und mit Erde und Schlamm belaſtet war, bemerkt, daß ſich eine ſtinkende und mephitiſche Luft abſonderte, die mir das Athmen erſchwerte, und mich nöthigte, die Ufer zu verlaſſen. Ich begreife leicht, daß ein fürchterlicher Strohm, der eine Gegend durchwühlt und ſolche verwüſtet, beſonders wenn er über plötzliche Abfälle herabſtürzt, luftförmige Stoffe oder Dünſte entwickeln könne, welche denen, die zu nahe dabei ſtehen, das Athmen beſchwerlich machen. Der Staub hat ohne Zweifel einen ähnlichen Erfolg, und da ſolcher eine

kannte Ereigniß iſt, ſo war es natürlich, d
Bewohner des erwähnten Dorfs in der finſtern
ſolchem die Beſchwerlichkeit zuſchrieben, die ſie
Athemholen fühlten.

Wir müſſen dem Hrn. Beſſon, wenn er den
ſen größere Wirkungen zugeſchrieben hat, als ſie
That hervorzubringen im Stand ſind, indem er ſa
haben ſolche an verſchiedenen Oertern Anhöhen v
trächtlichem Umfang hervorgebracht, die Gerech
wiederfahren laſſen, daß er doch anderswo geſtande
es ſchienen Haufen von fortgewälzten Kieſeln, wel
angetroffen hatte; nirgend woher gekommen zu
Bei Gelegenheit des Bergs St. Gal, welcher au
ter Strand- und ſandichten Steinen zuſammengeſe
ſagt er, dieſe Steine ſein nicht auf eine ſchleunige
dahin gekommen, ſondern nach und nach durch die
der Zeit.

308. **Dritte Frage.** Reißen die Flüſſe, t
auf ihren Lauf keinen Bänken von fortgewälzten K
begegnen, alle die, welche man in ihrem Bett an
von ihrem Urſprung an mit ſich fort? Wir habe
merkt, daß auf den Bergen die Regengüſſe gewöh
ſtärker ſind, und daher auch an den Oertern, w
Flüſſe entſpringen; die Waſſer reißen alsdann die E
leicht mit ſich fort, und laſſen die Steine und Felſen
bloßt zurück. Oefters bemerkt man, daß die auf
Abhang der Berge liegenden Felder außerordentlich
nicht ſind; aber dieſe Kieſelhaufen ſind nicht durch die A
ſer zuſammengebracht worden; dieſe haben ſie nur d
die Wegführung der ſie umhüllenden Erde ſichtbare
macht. Regengüſſe, die unmittelbar nach ihrem Nied
len ſich vereinigen, bilden kleine Kanäle; je ſtärker aber

e Gäſſe ſind, deſto breitere und tiefere Betten füllen ſie
in; anfangs können ſie nur Erden fortſtößen, und ha-
ben nicht die Kraft Kieſel fortzuwälzen; ſie laſſen ſolche
zurück oder bringen ſie nur in eine ganz ſchwache Bewe-
gung, und wenn ſie in ziemlicher Menge zuſammenge-
löſt ſind, ſo dienen ſie dem Boden zum Schutz, und
verhindern, daß ſolcher nicht immer mehr ausgehöhlt
werden kann.

Ich bin einer Menge kleiner Flüſſe bis zu ihrem
Urſprung nachgegangen. Wenn die Erden, welche ih-
re Ufer ausmachten, bloß aus Sand beſtanden, ſo zeig-
te der Boden des Betts keine Kieſel. Wenn die Er-
den, durch die ſich die Waſſer einen Weg gemacht hat-
ten, mit Steinen untermengt waren, ſo ſahe ich auf
dem Boden des Betts deſto mehrere Kieſel, je mehrere
man außer der Uferlinie antraf.

Wenn man ſich überhaupt gedenkt, es ſei die ge-
ſammte Erdenmaſſe, welche durch das Bett eines Strohms
weggenommen worden, durch ein Sieb durchgelaſſen wor-
den, ſo daß bloß das Geſtein in dem Bett zurückgeblie-
ben ſei, ſo hätte man eine richtige Vorſtellung von der
Wirkung, welche die Waſſer dabei ausgeübt haben.

Da die Flüſſe keine Kieſel zu ihrem Urſprung zu-
rückführen können; da ſie, um dieſe Wirkung hervorzu-
bringen, ſchon ziemlich ſtark geworden ſein müſſen, und
da die Kieſel nicht von ſelbſten in ihr Bett gekommen
ſein können, ſo iſt klar, daß, wenn die Flüſſe anfan-
gen, auf dem Boden, über den ſie hinfließen, eine ſehr
große Menge Kieſel zu zeigen, ſolches daher rühre, weil
ſie ihre beiden Ufer nach und nach auf eine größere oder
geringere Strecke angegriffen haben; ſie haben das Erd-

reich gleichſam durchgeſiebt, ſolches weggeführt und die Kieſel zurückbehalten. Man weiß, daß die Steine, welche einmal in den Flußbetten geweſen ſind, nicht wieder aus ſolchen herauskommen.

Es haben nicht Flüſſe von gleicher Stärke in ihrem Bett eine gleiche Menge von Kieſel. Dieſe Erſcheinung hat nach dem, was wir geſagt haben, nichts ſonderbares; die Waſſer können in ihrem Bette ſo wenig als die Materien, welche ihnen in den Weg kommen, rückwärts ſteigen. Es iſt aber die Zuſammenſetzung des Erdreichs, das ſie durchſtröhmen können, unendlichen Verſchiedenheiten unterworfen; man ſieht Flüſſe, welche zuerſt leichtes und gleichartiges Erdreich durchlaufen, dann aber durch ſteinichten Boden fließen; am einen Ort fließen ſie über Sand, am andern über Grand.

Man ſieht oft Flüſſe, deren Boden mit Kieſeln bedeckt iſt, ob man gleich auf der ganzen Höhe ihrer Ufer keine dergleichen bemerkt. Aber dieſe Ufer können durch die nämlichen Flüſſe gebildet werden, ſie können auch uranfänglich ſein. Im erſten Fall konnten die Kieſel in der durch den Fluß weggenommenen Strecke zu der Zeit, wo ſolcher darin ſein Bett noch nicht gebildet hatte, vorhanden geweſen ſein; ſind aber die Ufer uranfänglich, ſo iſt nicht zu zweifeln, daß die Kieſel aus höhern Gegenden hergekommen und von den Waſſern fortgeführt worden ſein.

Wir könnten unzählig viele Flüſſe nennen, die nach und nach Ebenen und enge Thäler durchſtröhmen, und bei jeder Ueberſchwemmung ihre Ufer angreifen, und hierdurch weit von ihrem Urſprung die Menge derer in das Bett kommenden Kieſel vergrößern. Man kann

es

ſ alſo als ausgemacht anſehen, daß die Menge und La-
e der Kieſel, welche man in den Flußbetten ſieht, vor-
iglich von dem uranfänglichen Bau des Bodens abhän-
en, worin ſich die Flüſſe ihr Bett gemacht haben; und
ſ iſt ein offenbarer Irrthum, zu glauben, daß ſie alle
ier doch vorzüglich von dem Urſprung dieſer Flüſſe her-
mmen.

309. **Vierte Frage.** Was für Umſtände be-
inſtigen am meiſten den Erfolg, daß die Flüſſe eine
ößere Menge Kieſel in ihr Bett aufnehmen?

Die Menſchen können keine zahlreiche Geſellſchaf-
n zuſammenbringen, ohne rings um ſich her alle ge-
einen Naturprodukte zu zerſtöhren, und die Natur zur
ervielfältigung derer jenigen, die ihren Bedürfniſſen an-
meſſen ſind, zu zwingen. Unter allen Oertern, die
wählen können, gibt es keine vortheilhaftere, als die
er der Flüſſe; ihre Waſſer erleichtern oft die Gemein-
aſt; die anſtoßenden Gegenden, die von dem, was
n Gebürgen entriſſen wird, bedeckt und fruchtbar ge-
acht werden, vervielfältigen niemalen ſtärker die darin
sgeſtreuten Saamen.

In denen von Menſchen unbebauten Gegenden iſt
: Erde von Bäumen, Geſträuchen und Pflanzen be-
kt; und je fruchtbarer ſolche iſt, deſto zahlreicher und
öher ſind dieſe Bäume. Die, welche an den Ufern
: Flüſſe aufwachſen, haben daher die vortheilhafteſte
ge; man bemerkt auch, daß ſie ungemein ſchnell wach-
, ſehr ſtark werden und ſehr zuſammen gedrängt wer-
i können, ohne im Ganzen darunter zu leiden. Der-
lchen Waldungen dienen gegen die Flüſſe wie eine Ver-
wmung: die Dornen und Geſträuche ꝛc. welche an

dem Fuß der Bäume wachſen und ſich um ihren Stamm ſchlängeln, vereinigen ſich mit ſolchen, die Bewegung der austretenden Flüſſe zu hemmen; ſie fangen die Erde und andere von den Waſſern beigeführte Materien auf. Die Ufer werden auf dieſe Art durch die Dinge, welche die Flüſſe abſetzen, allmählig bis zu der durch die größten Ueberſchwemmungen beſtimmten Grenzlinie erhöht, und ſie werden durch die Unterhaltung und Nachbeſſerung der Bäume 1) und Pflanzen ſo gut befeſtigt, daß ſie der größten Gewalt der Waſſer Troß bieten.

Auf ſolchen Plätzen aber, welche die Menſchen zu ihren Wohnungen gewählt haben, ſind die Waldungen ausgerottet worden; man baut das Land bis an das Ufer der Flüſſe hin. Man führt nicht allemal Dämme auf, um ſich gegen Ueberſchwemmungen in Sicherheit zu ſetzen; und um das Erdreich zu bewahren, ahmt man nicht allemal die Mittel nach, welche anderswo die Natur anwendet; man pflanzt keine Bäume, um ihm die gehörige Dauer zu verſchaffen.

In Ebenen, welche von Flüſſen durchſtröhmt werden, beobachtet man oft, daß die Ufer höher ſind, als das Land in einiger Entfernung von dieſen Flüſſen. Dieſer Erfolg wird überhaupt von zwo Urſachen bewirkt. I) Die Bäume, Geſträuche und Pflanzen, welche an den

1) An den Ufern des Amazonenfluſſes betritt man die Erde, ohne ſie zu ſehen; ſie iſt mit Kräutern, Stauden, Geſträuchen, Büſchen und Wurzelwerk, die ſich alle in einander verwachſen, ſo dicht bedeckt, daß es ſehr viele Arbeit koſten würde, ſie nur auf einem Platz von einem Fuß abzublößen. Mem. de l'Acad. année 1745. pag. 417.

m Ufern der Flüſſe aufwachſen, verurſachen zu Ueber-
ɔwemmungszeiten Anhägerungen, die Ufer werden alſo
ımerfort höher. II) Man baut gewöhnlich das Land
ır bis auf eine gewiſſe Entfernung von den Flüſſen;
e Waſſer nehmen alſo anfangs, wann ſie aus ihrem
ɔett treten, ihren Weg über einen feſten Boden, den
: nicht ausfreſſen können; kommen ſie aber bis auf das
ɔbaute Land, ſo reißen ſie aus ſolchem leicht die Erde
it ſich fort.

Es finden ſich auch Ereigniſſe, die denen nur er-
ähnten grade entgegengeſetzt ſind, in ſolchen Gegenden
ımlich, wo die Länvereien bis zu den Ufern hin gebaut
ɔ mit keinen Bäumen bewachſen ſind.

„Die Gebürge, ſagt Hr. Guettard, werden niedri-
ɛr, die Thäler werden höher, die Erde ſcheint ein
Beſtreben zu haben, eine ebene Oberfläche anzuneh-
nen. Dieſes ſind Wahrheiten, welche durch tägliche
Beobachtungen immer mehr beſtätigt werden, auch von
ɛielen Naturforſchern ſchon anerkannt worden ſind, und
: ſich gar nicht leugnen laſſen.„

Man kann auch wirklich gar nicht zweifeln, daß in
ıen Gegenden, wo die Bevölkerung zahlreich iſt, wo
Menſchen die Waldungen abgeraumt haben, und wo
ın alles Land angebaut hat, die Berge unaufhörlich
n den Regen verflößt werden.

Kaum fallen die Waſſer vom Himmel, ſo verlieh-
ı ſie ſchon ihre Klarheit durch die Beimiſchung der
ıſten Erdtheilchen; ſo wie ſie aber unvermerkt in ih-
Maſſe und Geſchwindigkeit anwachſen, und hierdurch
er größern Gewalt fähig werden, ſo führen ſie zuerſt
ınd und weiter hin Kieſel mit ſich fort, und endlich

die Regen sehr gemach herabfallen, und daß sie in die Erde dringen, ohne die Oberfläche abzuschwemmen. Gleichwohl gibt es viele Berge in England, und es fehlt viel daran, daß die Gegenden ungebaut und in einem Zustand sein, der die Wirkungen der Wasser so wenig begünstige, als wenn dieses Land wüst läge.

310. Fünfte Frage. Können die Flüsse Kieselsteine von ihrem Ursprung bis zu ihrer Mündung fortführen? und führen sie solche überhaupt weit von denen Orten weg, wo sie solche in ihr Bett aufnehmen?

So lange Flüsse bloß von Quellen unterhalten werden, und nicht über einen Boden, dessen Theile sich leicht zerlegen lassen, wegfließen, bleiben ihre Wasser rein und klar, sie mögen übrigens so groß und so reißend sein, als sie immer wollen; wenn sie aber durch starke Regengüsse angeschwellt werden, so werden sie trübe, es mag nun solches von den Erdtheilchen herrühren, welche die Wasser von den Feldern mit sich fortgeführt haben, oder es mag von der durch die Anschwellung verursachten Aufwühlung derer Materien herrühren, welche sonsten auf dem Boden ruhig liegen geblieben wären, oder endlich davon, daß die Ufer angegriffen worden sind. Da aber die Kiesel unter denen im Flußbett befindlichen Körpern diejenigen sind, welche sich der Bewegung am meisten widersetzen; werden solche wohl bei jeder Anschwellung aus ihrer Stelle getrieben, und werden sie alsdann bis zu solchen Oertern weggeführt, welche von ihren vor der Anschwellung gehabten Lagerstätten weit entfernt sind?

Diese Fragen lassen sich freilich nicht so gradezu und ganz genau beantworten; wenn wir aber die Natur und

die

die wirklichen Erſcheinungen unterſuchen, ſo entdeckt man leicht die Grenzen von der Wirkung der Waſſer; und wenn man die Wahrheit nicht in ihr völliges Licht ſetzen kann, ſo wird ſich die Dunkelheit, in die ſie verhüllt iſt, doch wenigſtens zum Theil von ihr entfernen laſſen.

Wir haben geſagt, daß man das Bett eines Fluſſes, ſo wie das Bett aller ſich hinein ergießenden Ströhme, als eine Vereinigung von Kanälen anſehen ſolle, welche durch das Waſſer ausgehöhlt worden ſind, indem ſolches Erde und Sand davon geführt und die Kieſel zurückgelaſſen hat.

Wir haben es als etwas ausgemachtes angegeben, daß man, wenn man an den Flüſſen bis zu ihrem Urſprung zurückginge, finden würde, daß dieſe Breite und Tiefe ihres Betts immer geringer werde, und daß man endlich an Stellen kommen würde, wo ſich bei einem unbeträchtlichen Waſſerzufluß nur ungeſtaltete Kieſel zeigen würden, deren Kanten kaum ihre Schärfe verlohren hätten, und welche alſo anzeigten, daß die Wirkung der Waſſer auf ſie äußerſt ſchwach ſei, und daß ſie nicht von ihrem Lager fortgewälzt worden ſein.

Es iſt alſo falſch, daß bei jeder Anſchwellung in den vereinigten Kanal, welcher die Waſſer aufnimmt, deren Vereinigung hiernächſt einen Fluß bildet, neue Kieſel von dem Urſprung der beiſtröhmenden Waſſer herkommen ſollen. Soll die Anzahl der Kieſel in dem vereinigten Kanal vergrößert werden, ſo müſſen nothwendig die Waſſer die Ufer an denen Orten, wo ihre Maſſe mit Steinen untermengt iſt, angreifen. Es iſt alſo unleugbar, daß die Anzahl der Kieſel in dem Bett eines Fluſſes ſo wenig vergrößert wird, als in den Betten der Ströh-

fortzuwälzen. Nach der Mündung hin iſt das Gefälle in der That unmerkbar; aber die über die Kieſel hinſtröhmende Waſſermaſſe iſt oft unermeßlich groß, und die damit verbundene Geſchwindigkeit iſt oftmals größer, als ſie zu ſein brauchte, um die Kieſel, wenn ſie auf einer ebenen Fläche lägen, davon zu führen.

Man weiß übrigens, daß in Flüſſen, welche plötzlichen Anſchwellungen am meiſten ausgeſetzt ſind, die Waſſer die meiſten Einbrüche verurſachen, und die Fortwälzungen der Kieſel am merklichſten ſind.

Wenn man das Flußbett längſt dem Strohm durch eine grade Linie vorſtellt, und nun die Leichtigkeit, mit der die Waſſer in den verſchiedenen Stellen ihres Laufs die Kieſel fortführen, durch Ordinaten ausdruckt, welche auf dieſe grade Linie ſenkrecht ſind, ſo würden die Endpunkte dieſer Ordinaten eine durch jene grade zugeſchloſſene krumme Linie bilden; es wären nämlich dieſe Ordinaten beim Anfang des Strohmbetts, ſo wie am Ende derſelben bei der Mündung = o.

Dieſe krumme Linie kann ohne Zweifel nach Beſchaffenheit der Flüſſe ſehr irregulär und ſehr verſchieden ausfallen; aber nach den bekannten Wirkungen der Waſſer in kleinen Entfernungen vom Urſprung der Ströhme muß man zugeben, daß die Stelle der größten Ordinaten dem Urſprung der Ströhme beträchtlich näher liegen müſſe als ihrer Mündung.

Um mit einiger Richtigkeit einſehen zu lernen, wie die Wegführung der Strandſteine bewirkt wird, muß man die Natur zu Rath ziehen, alles vollſtändig zuſammenzählen, was zu dieſer Wirkung beitragen kann, und ſorgfältig die Anwendung bloß erdichteter Urſachen vermeiden.

melden. Wenn wir bei Anwendung dieſes Verfahrens nicht ganz ſo glücklich ſind, alle die einzelnen Erſcheinungen bei der Wirkung der Waſſer zu treffen, ſo werden wir doch wenigſtens wichtige Grenzen kennen lernen, und der Wahrheit vielleicht ſo nahe kommen, als bei denen mit dieſer Unterſuchung verwebten Schwierigkeiten möglich iſt.

Ich gehe längſt dem Bette der Ströhme Argens und Gapeau 1) in derjenigen Gegend ihres Laufs herab, wo ſie Schiefer- oder Granitgebirge durchſtröhmen, ich ſehe darin Kalchſteine; ich kann nicht zweifeln, daß dieſe Steine an den Platz, wo ich ſie finde, hingeführt worden ſind, und daß ſie urſprünglich aus Kalchgebirgen losgeriſſen worden, welche die Waſſer anfangs durchſtröhmt haben, bevor ſie in das Granitgebirg gelangen.

Ich trete in das Bett eines Strahms unterhalb Ollioules; 2) ich ſehe in ſeinem Bett abgerundete Lavaſtücke; ich gehe an demſelben zurück, werde auf dieſe Art zu ausgebrennten Vulkanen geführt, welche oberhalb dieſem Dorf liegen, und zu denen von Evenos, und ich finde mit voller Gewißheit die Quelle, aus der die Vulkaniſchen Strandſteine herkommen, die ich gefunden hatte.

Ich bin überzeugt, daß die kalchartigen Strandſteine und die Lavaſtücke mit den Waſſern fortgeführt worden ſind, aber ich fühle auch zugleich die Unmöglichkeit, worin ich mich finde, jemalen dieſen Erfolg mit anzu-

1) Ströhme in der Niederprovence, welche aus Kalchgebirgen entſpringen, und deren Lauf ſich in Granit- oder Schiefergebirgen endigt.

2) Ein Dorf bei Toulon.

anzusehen; die Wasser schwemmen, so lange sie helle sind, keine Strandsteine fort, und ich begreife, daß sie nicht allemal, wenn sie sich trüben, d. i. den Schlamm, und Sand aufwühlen können, stark genug sind, Kiesel mit sich fortzureißen. Ich falle auf die Vermuthung, daß diese Stoffe zu einer Zeit beigeführt werden, wo die Wasser eine außerordentliche Geschwindigkeit haben, aber unter solchen Umständen entzieht sich ihre Wirkungsart alsdann meinen Augen. Ich vermuthe, daß die Größe der Kiesel behülflich sein kann, das Maas der Kraft zu bestimmen, welche erfordert wird, um dieselben in den verschiedenen Strecken des Flußbetts in Bewegung zu setzen; aber ich gebe diesen Gedanken wieder auf, sobald ich sehe, daß in einerlei Strecke des Flußbetts große und kleine Kiesel, Sand und Schlamm zugleich unter einander liegen.

Ich begebe mich in diejenige Gegend der Flüsse Argens und Gapeau, wo sie durch das Granitgebirg ströhmen, ich gebe mir Mühe zu erkennen, ob die Kalchsteine, welche ich da antreffe, von dem Ursprung dieser Flüsse herkommen, oder nur von Orten, wo die letzten Felsen an ihrem Ufer angetroffen werden.

Die Kalchsteine haben auf dem ganzen Weg, welchen die den Flüssen Argens und Gapeau zufließenden Wasser durchlaufen, gleiches Ansehen. Das Beschauen der Strandsteine dieser Art könnte mir also auf keine Weise einige Kenntniß von den Lagerstätten verschaffen, aus denen sie haben weggeführt werden können. Wenn ich die Stelle, wo diese Strandsteine hergeführt worden sind, nicht finden kann, so suche ich diejenige, über welche solche nicht weggeführt werden können; die Entfernung

nung von dieſer letzten Stelle bis zu dem Kalchgebirg und zu dem Urſprung dieſer Flüſſe gibt mir alsdann den geringſten und den größten Weg an, auf welchen dieſe Strandſteine vom Waſſer haben fortgeführt werden können.

Ich unterſuche Gapeau und Argens an ihrer Mündung, in der Tiefe, und finde, daß ſie da nur über Sand und Schlamm hinfließen. Ich gehe an dieſen Flüſſen zurück, und ob ſie gleich beſtändig von nah gelegenen Ufern eingeſchloſſen werden, ſo führen ſie doch auf einer beträchtlichen Strecke denen Gegenden, welche ſie unmittelbar vor ihrem Eintritt ins Meer durchſtröhmen, nicht die einzelnen Kieſelarten zu. Die erſten Kieſel, welche ich antreffe, ſind ſehr klein, und ich muß mich ziemlich weit von der Mündung entfernen, um welche zu finden, die denen ähnlich ſind, welche in dem übrigen Theil des Fluſſes gefunden werden.

Das Kalchgebirg iſt dritthalb Meilen weit von der Mündung des Gapeau- und 5 Meilen von der des Argensfluſſes entfernt. Beide Flüſſe, welche ihren Urſprung in gebirgichten und ſteinichten Gegenden haben, und ſo zu reden keine andere durchſtröhmen, haben auf eine große Strecke ihres Laufs ein ſtarkes Gefälle, und ſind plötzlichen und ſtarken Fluthen ausgeſetzt.

Die Waſſer des Argensfluſſes werden ſogar ſelten ganz helle; gleichwohl führen ſie den Grand nicht bis zu ihrer Mündung. Die kalchartigen Kieſel *) erſtrecken ſich

*) Ich habe bisher oft und ſo auch hier das Wort Kieſel in der Ueberſetzung beibehalten, es kann aber in den meiſten Fällen nur nach der Sprache des gemeinen Mans

ſich nicht weiter als auf anderthalb Meilen vom Urſprung des Schiefergebirgs im Gapeau, und auf drei Meilen im Argens; übrigens findet man ſie in deſto geringerer Anzahl, je weiter man ſich von der Gegend entfernt, aus der ſolche hergekommen ſind. Die beiſtröhmenden Waſſer, woraus der Gapeau entſteht, und die den größten Weg im Kalchgebirg durchlaufen, fließen nur vier Meilen weit, und die, welche dem Argens zufließen, nur 14 Meilen weit in dem Kalchgebirg fort.

Auf ſolche Art findet man in Gapeau, nachdem man vorausſetzt, daß die zunächſt gegen die Mündung liegenden kalchartigen Kieſel von dem Urſprung dieſes Fluſſes, oder aus der zunächſt am Schiefergebirg liegenden Gegend gekommen ſein, daß ſie im erſten Fall 6, im andern aber nur 2 Meilen weit von den Wäſſern fortgetrieben worden ſind.

Unter eben ſolchen Vorausſetzungen findet man beim Argensfluß den größten Weg, den die Kalchkieſel durchlaufen haben können, zu 17 Meilen und den geringſten zu 3 Meilen.

Da dieſe Flüſſe ein ſtarkes Gefälle haben, und zu Fluthzeiten eine große Menge Waſſer verſammlen, ſo werden ſie ſehr reißend; ſie durchlaufen alsdann an mehr als einer Stelle ihres Strohms mehr als 10 Fuß in einer Sekunde.

Wir kennen alſo ſowohl den größten als den kleinſten Weg, durch welchen die Kalchkieſel in den Flüſſen Ga-

nes ſo benennt werden, welcher alles in den Betten und an den Ufern befindliche abgeſchliffene Geſtein Kieſel nennt. Richtiger bedient man ſich, ſolche zu benennen, des allgemeinen Ausdrucks Strandſteine.

peau und Argens von den Waſſern haben fortgetrie-
n werden können. Dieſe Wirkung iſt genau beſtimmt;
kann von ſonſt nichts herrühren als von der bewegen-
n Kraft dieſer Flüſſe, indem man auf dem ganzen
eg ihres Laufs weder Ebenen noch Anhöhen antrifft,
aus ſolchen fortgewälzten Kieſel beſtehen. Aber das
aas dieſer bewegenden Kraft kann, wenn ſie auch als
lchförmig angenommen wird, nicht anders als aus der
it hergeleitet werden, worin ſie angewendet worden iſt.

Man kann 4 bis 5 beträchtliche Fluthen annehmen,
ch habe dieſe Flüſſe unter ſolchen Umſtänden geſehen;
d aus ihrer Lebhaftigkeit, ihrem Brauſen, ihrer Waſ-
menge und aus ihrer Geſchwindigkeit zu urtheilen,
te ich mir nicht eingebildet, daß mehr als eine ſolche
ſchwellung nöthig wäre, um die Kieſel bis ins Meer
tzuführen; inzwiſchen fielen die Waſſer allmählig wie-
r, und nachdem ſie ihre gewöhnliche Höhe und Klar-
it wieder hatten, ſahe man an allen Stellen, wo die
ſer nicht angegriffen worden waren, daß der Boden
s Betts noch in dem nämlichen Zuſtand war, wie vor
r Anſchwellung, und daß die vom Urſprung am weit-
n entfernt geweſenen Kieſel der Mündung nicht näher
kommen waren.

Wie könnten aber auch wirklich die Steine, welche
n Boden dieſer beiden Flußbette bedecken, bei einer
nzigen Anſchwellung ſo leicht in Bewegung geſetzt wer-
n, wenn dieſe Flüſſe ſeit ihrem erſten Daſein einen ſo
ringen Einfluß auf die Fortführung der Kieſel gehabt
ben? Ihre größte Wirkung iſt bekannt und hat ihre
ſtimmte Grenzen, da hingegen der Zeitpunkt, wo ſie
fließen angefangen haben, in Dunkelheit verhüllt

„gewohnt waren, Gebirge zu ſehen, deren Gipfel ſich „in den Wolken verliehren, konnte es nicht zu mühſam „ſein, ohne einiges Hinderniß, außer den Holzungen „und Hügeln in Pongo, die ſich meinem Geſichte bald „entzogen, den Gegenſtänden des Geſichtkreiſes nachzu„folgen. Auf dieſem Sammelplatz von Mannichfaltig„keiten, welche die gebauten Felder in den Gegenden von „Quito auszeichneten, folgte die einförmigſte Ausſicht; „Waſſer und grüne Farben, ſonſt ſah ich nichts. Man „betritt die Erde, ohne ſie zu ſehen; ſie iſt mit Kräu„tern, Stauden, Geſträuchen, Büſchen und Wurzel„werk, die ſich alle in einander verwachſen, ſo dicht „bedeckt, daß es ſehr viele Arbeit koſten würde, ſie nur „auf einem Platz von einem Fuß abzublößen. Unter„halb Borja 2) und 4 bis 500 Meilen davon, dem „Fluß hinab, iſt ein Kieſel ſo was ſeltenes als ein Dia„mant. Die Wilden wiſſen in dieſen Gegenden nichts „von Steinen, ſie haben gar keinen Begriff davon. Es „iſt ein luſtiger Auftritt, wenn man ſieht, wie dergleichen Leute, wann ſolche nach Borja kommen, und ſolche zum erſtenmal zu ſehen bekommen, ihre Verwunderung mit Gebehrden zu erkennen geben, mit welcher „Geſchäftigkeit ſie ſolche ſammlen, wie ſie ſich damit „als mit einer köſtlichen Kaufmannswaare beladen, und „ſolche bald hernach, ſobald ſie gewahr werden, daß ſie „ſo gemein ſind, verachten und wegwerfen.„

Der

2) Borja liegt am Ausgang der berühmten Enge des Pongo, und iſt neunmal ſo weit von der Mündung des Maragnon als von dem Urſprung dieſes Fluſſes entfernt.

Der mächtigste unter allen Ströhmen, der, welcher auf den höchsten Gebirgen unsers Erdballs entspringt, der die schnellsten und stärksten Anschwellungen leidet, der lange Zeit unter starkem Gefälle fortschießt, und hin und wieder fürchterliche Abfälle hat, der endlich das Ansehen hat, als ob er kaum durch die ungeheure Felsen gemäßigt werden könnte, zwischen denen er sich sogar an verschiedenen Orten einen Weg durchgebrochen zu haben scheint; dieser Strohm, sage ich, hört also schon auf Kiesel zu führen, wenn er erst den zehnten Theil von der Länge seines Betts durchlaufen hat. Welcher Fluß sollte inzwischen solche in größerer Menge und auf eine entferntere Strecke fortführen, wenn diese Fortführung nur von der Menge und Geschwindigkeit der Wasser abhinge? Ohngeachtet der Menge und Größe von Flüssen, welche der Amazonenfluß unterhalb Borja aufnimmt, muß man bei 500 Meilen abwärts gehen, um endlich Kiesel an seinen Ufern zu finden; diese Kiesel sind aber nicht durch solchen beigeflößt worden; die Natur hatte sie an denen Orten, wo man sie findet, gebildet, noch ehe dieser Fluß solche Gegenden durchströhmte.

Wann diejenigen, welche große Ströhme beschifft haben, die Beschaffenheit ihrer Anhägerungen in den verschiedenen Gegenden ihres Laufs beobachtet hätten, so zweifle ich nicht, daß sie uns eben dergleichen Bemerkungen mitgetheilt haben würden, wie Hr. de la Condamine über den Amazonenfluß. Die Flüsse Orenoque, St. Laurenz, Missisipi, Nil, Senegal, Zaire, Ganges, mit einem Wort: alle Flüsse in der Welt fließen bei ihrer Mündung nur über Sand oder Schlamm. So wie man an solchen rückwärts hinauf geht, kommen

Die Drome und Iſere können ihr keine mehr zuführen, wenn ſie auch gleich über einen Boden flöſſen, der an fortgewälzten Kieſel eben ſo reich wäre, als es der Boden der Durance iſt.

Zu Taraſcon iſt das Bett der Rhone mit Kieſel bedeckt, und es finden ſich ſehr große darunter. Geht man an dieſem Fluß hinauf, ſo bemerkt man, daß er tiefer iſt, und daß die Menge der Kieſel an ſeinen Ufern weit geringer wird. Eine Meile unter Taraſcon gibt es in der Rhone keine Kieſel mehr. Muß man hier nicht glauben, daß die Kieſel, welche dieſer Stadt gegenüber in ſo großer Menge angetroffen werden, den natürlichen Boden ausmachen, über den der Fluß hinſtröhmt, und daß ſie durch ihn nicht beigeführt worden ſind? Man kann ſich dieſes Gedankens gar nicht enthalten, wenn man weiß, daß die Waſſer der Rhone keine größere Wirkungen hervorbringen können als die in andern Ströhmen, und daß ſie auf dem größten Theil ihres Laufs Gegenden antreffe, die aus fortgewälzten Kieſeln beſtehen. Man beobachtet viele dergleichen in der umliegenden Gegend von Taraſcon. Auch beobachtet man viele zu St. Gilles. Man kennt die Crau. Wenn die Rhone über irgend eine dieſer letztern eben angezeigten Gegenden wegfließen könnte, ſo würde ſie Steine in ihrem Bett zeigen, ohne daß man ſchließen dürfte, daß ſie ſolche beigeführt habe. Wenn übrigens, wie Hr. Pitot glaubte, welcher das beſtändige Getöſe der Waſſer für das Geräuſch annahm, welches die Kieſel beim Fortwälzen und Anſtoßen verurſachten; wenn, ſage ich, die Rhone Kieſel in Menge und unaufhörlich beiführte, ſo müßten dieſe Kieſel, da ſie Grenzen haben, die ſie nicht überſteigen können, in ſehr kurzer Zeit

das

das Flußbett erheben. Nun erſtrecken ſich die letzten Kieſel beſtändig nur auf einerlei Entfernung, und das Bett der Rhone erhöht ſich nicht. Dieſer Fluß hat alſo die Kieſel bei Taraſcon nicht beigeführt, und die Natur hat alſo ſolche über die von ihm durchſtröhmte Gegenden ausgebreitet.

311. Sechſte Frage. Welche Umſtände begünſtigen die Fortführung der Kieſel am meiſten?

Es gibt ſehr viele und ganz bekannte Beiſpiele, welche beweiſen, daß die ſtröhmenden Waſſer ſehr beträchtliche Steinmaſſen mit ſich fortreißen können, wenn gleich ihre Geſtalt prismatiſch oder kubiſch iſt, da ſie hingegen auf eben dem Platz kleine Kieſel unbewegt liegen laſſen, die doch eine in Vergleichung mit ihrer Maſſe viel größere Oberfläche haben, als für die bewegende Kraft der Waſſer empfänglicher ſein würden, und die übrigens, da ſie eine abgerundete und flache Oberfläche haben, und nur in wenigen Punkten auf dem Boden aufliegen, in jedem Betracht zum Fortflößen vorzüglich geſchickt ſind.

Die natürlichen Begebenheiten beweiſen auch, daß die Wegführung der Strandſteine keineswegs ein nothwendiger Erfolg von dem reißenden Strohm der Gewäſſer iſt. Anſtatt alſo mühſam zu unterſuchen, wie die Flüſſe die Kieſel leicht mit ſich fortreißen können, muß man im Gegentheil darüber nachdenken, wie die Kieſel, ſo zu reden, im Stand ſind, der Gewalt der Ströhme zu entgehen.

Wir wollen uns nicht damit begnügen, Erſcheinungen bloß anzuzeigen; wir müſſen auf die Urſachen zurück-

ren Betten zu finden; es iſt alſo mit aller Strenge bewieſen worden, daß die Wegführung der Strandſteine und die Geſchwindigkeit der Waſſer Erſcheinungen ſind, die gar nicht von einander abhängen.

312. Ich befeſtige auf den Boden eines Kanals, deſſen Waſſer eine Geſchwindigkeit von 3 oder 4 Fuß in einer Sekunde haben, ein flaches Bret horizontal; auf dieſes Bret bringe ich einen abgerundeten Kieſel, und bemerke, daß ſolcher ſogleich fortgeſchoben wird. Dieſer Erfolg kann mich nicht befremden. Ich drucke durch C I (fig. 50.) die Richtung und Größe der Kraft aus, welche das Waſſer anwendet, um den Kieſel B gegen S zu treiben, und durch I D den Widerſtand, welchen der Kieſel entgegenſetzen kann. Da dieſer Widerſtand nur ſehr ſchwach ſein kann, wenn der Kieſel ſtark abgerundet iſt, ſo ſchließe ich, daß das Waſſer die Geſchwindigkeit nicht zu haben brauchte, die ich angenommen habe, um den Kieſel fortzutreiben. Wenn die Geſchwindigkeit des Waſſers und die Maſſe des Kieſels B unverändert bleiben, ſo widerſteht der Kieſel der Bewegung deſtomehr, je platter er iſt und je niedriger ſein vertikaler Durchſchnitt iſt, es mag nun daher rühren, weil er auf einer größern Anzahl von Punkten ruht, oder weil er dem Waſſerſtoß eine kleinere Fläche entgegenſetzt; wenn es aber gewöhnlich iſt, daß die Kieſel ungleiche Abmeſſungen haben, ſo iſt es was Seltenes, daß ſie ſehr platt ſind; man darf alſo nicht dieſer Geſchwindigkeit die Schwierigkeit beimeſſen, die ſich bei ihrer Wegführung äußert.

Gedenkt man ſich am Ende des Brets einen erhöhten Rand, ſo iſt klar, daß, wenn man an ſolchem den Kieſel B anlehnt, ſolcher ſo lange nicht weggetrieben werden

den wird, als der Widerstand des Rands und der Reibung die Kraft des Wasserstoßes übertreffen.

Man stelle sich Kiesel von gleicher Größe dicht hinter einander gelegt vor, so ist klar, daß jeder davon durch den nachfolgenden eben so zurückgehalten wird, wie der Kiesel D (fig. 51.) durch die Hervorragung S; das Wasser hat also keine Gewalt auf sie, seine Geschwindigkeit mag noch so groß sein, wenn nur seine Bewegung dem Boden gleichlaufend ist.

Auch ist klar, daß diese Kiesel nicht aus ihrer Stelle getrieben werden, wenn sie auch nicht einerlei Größe haben, und wenn auch ihre höchsten Stellen nicht in einerlei Ebene fallen, so lange die Kraft, welche das Wasser auf die hervorragenden Theile ausübt, geringer ist als der Widerstand, dessen sie in Rücksicht auf ihre zusammengedrängte Stellung fähig sind.

Kiesel, welche auf die eben erwähnte Art eine dauerhafte Lage erhalten haben, geben dem Boden ein flaches Ansehen. Ein über solchen liegender Kiesel M (fig. 51.), der dem Strohm ausgesetzt wäre, würde also eben so fortgestoßen wie der Kiesel B (fig. 50.). Da inzwischen unter den Kieseln, welche die Stelle des Bodens vertreten, sich manche finden, welche über die andern hervorragen, so könnte es leicht geschehen, daß der Kiesel M einem dergleichen wie P (fig. 52.) begegnete, der ihn aufhielte. Wenn übrigens in den Flüssen der Kiesel M nicht durch einen andern aufgehalten würde, so würde er bald aus dem Hauptstrohm abgelenkt und irgendwohin getrieben werden, wo die Gewalt des Stoßes nicht mehr hinreichend wäre, ihn weiter fortzuführen.

Man

Man begreift leicht, daß, wenn ein Kieſel R (fig. 53.) der Gewalt eines reißenden Fluſſes ausgeſetzt iſt, er hinlängliche Geſchwindigkeit erhalten kann, nicht nur auf einer horizontalen Ebene, ſondern auch auf einer Fläche, die gegen die Richtung des Strohms abhängt, fortzuwälzen, und daß er ſogar über hohe Dämme erhoben werden kann. Es iſt auch eine ausgemachte Sache, daß die Kieſel nicht allemal von den Dämmen zurückgehalten werden.

313. Wenn man in den Fall kommt, eine etwas beträchtliche Waſſermenge über einen Boden zu leiten, der wenig Feſtigkeit und ein etwas ſtarkes Gefälle hat, ſo pflaſtert man den Boden dieſes Kanals aus, und wenn man ſeinen Seitenwänden eine Dauer verſchaffen will, ſo verwahrt man ſolche mit Mauerwerk. In abhängenden Gegenden und in ſolchen, welche abfließenden Waſſern ausgeſetzt ſind, pflaſtert man allemal die Straßen, wenn man ihrem Verderben vorbeugen will.

Die Flüſſe, welche über Grand fließen, haben einen von der Natur gepflaſterten Boden. Die Lage dieſer Kieſel iſt nicht ſo regulär, wie wenn ſie von Menſchenhänden hergerichtet wäre; gleichwohl iſt ſie von der Art, daß ſie ſich gegenſeitig zur Befeſtigung dienen, und daß die, welche am meiſten hervorragen, gleichwohl hinlänglich verſchanzt ſind, um den Waſſerſtoß ruhig auszuhalten.

Man würde ſich irren, wenn man glauben wollte, daß die Kieſel, welche über dem Boden eines Flußbetts verbreitet ſind, leicht von dem Boden weggeführt werden könnten; wenn ſolches geſchieht, ſo geſchieht es bei Kieſeln, welche aus dem Hauptfluß abgelenkt, und nach

den

n Ufern hingetrieben worden sind; in denen Stellen
er, welche von den starken Strohmstrichen ergriffen
erden, zumal in reißenden Flüssen, hängen die Steine
st an, und man hat oft Werkzeuge von Eisen nöthig,
n solche loszureißen. Dieses ist ein Erfolg von dem
ruck, welchen die Wasser im Fortfließen auf sie ausü-
en, und der in großen Flüssen wegen der Größe der
Bassermasse außerordentlich beträchtlich sein muß. Die-
Gewalt kann mit dem Stoß des Stampfers *) ver-
lichen werden, welchen die Pflasterer gebrauchen, oder
it dem Druck der Walzen, welche man über Luftwege
infühven läßt, um den Boden mehr Festigkeit zu geben.
ebrigens dienen die kleinen Grandsteine und der Sand,
elchen die Wasser mit sich führen, oft die Kiesel unter
nander zu verbinden und fest zu machen.

Die Lage, welche die Kiesel annehmen, ist nicht
ei allen Flüssen einerlei; es ist klar, daß, nachdem
olche eine geringere Geschwindigkeit haben, auch die
Kiesel einer geringern Festigkeit bedürfen, um der Ge-
alt des Wassers Widerstand zu leisten. Es wird da-
er, alles übrige gleich gesetzt, der Boden eines Fluß-
etts desto ebener, je schneller die Wasser darin fortschießen.

Da bei einerlei Fluß die Breite des Betts unge-
ein verschieden ist, und da die Geschwindigkeit der
Querschnitte sich umgekehrt verhält wie ihre Größe, so
muß der Boden des Betts an denen Stellen, wo er en-
er zusammen geschlossen ist, ebener sein.

Die

*) de la demoiselle; ich hätte solches auch durch Jung-
fer übersetzen können, weil dieses Wort auch in eben der
Bedeutung im Deutschen gebraucht wird.

Weil die Oberfläche des Waſſers ſinken muß, ſo wird die flüßige Maſſe zugleich vertikal und mit dem Boden parallel getrieben, ſie wird alſo nach einer mittlern Richtung wirken. Fürs II) wird ſich dieſer Erfolg zeigen, ſo oft das Waſſer durch Hinderniſſe genöthigt wird, aus einem weiten Bett in ein engeres zu treten. Fürs III) muß dieſer Erfolg ſtatt haben, ſo oft das Waſſer Hinderniſſe findet, und ſich ſolchen gegenüber vermöge der erlangten Geſchwindigkeit erheben muß.

Wir wollen die Umſtände, worin ſich der erwähnte Erfolg zeigen muß, für jeden der angegebenen drei Fälle beſonders unterſuchen.

Erſter Fall.

316. „Wir wollen annehmen, (ſagt Hr. Belidor nach dem Gulielmini, und alle die von den Flüſſen geſchrieben haben,) es bedeute in einer lothrechten Ebene die Linie A B (fig. 55.) die Oberfläche des Fluſſes, der von A nach B zufließt und C D ſeinen Boden; ſo kann man die Kraft des Waſſers durch das Perpendikel E F ausdrucken; wenn man nun ihre Verlängerung E I für die Höhe annimmt, von der ein Körper fallen müßte, um die Geſchwindigkeit zu erlangen, die mit der des Fluſſes einerlei iſt, ſo druckt ſolche die daher entſtehende Gewalt aus. Macht man alſo E G = E I, und verzeichnet nun das Parallelogramm E F H G, ſo druckt die Diagonale E H die Gewalt aus, womit der Fluß gegen die Theile des Bodens wirkt, um ſolche wegzuſtoßen, weil nach unſerer Vorausſetzung ſeine Tiefe ſo wie ſeine Feſtigkeit überall gleich groß iſt.„

Man

Man darf nur die erſten Gründe der Mechanik ken-
, um das Irrige der eben erklärten Theorie einzuſe-
. Man ſetzt voraus, daß der Lauf des Strohms
Beharrungsſtand und die Höhe des Waſſerſpiegels
er dem Boden unveränderlich ſei. Alſo ſind alle Säu-
wie E F G H gleich groß, drucken auf gleiche Art
en den Boden und können keinen Waſſerfall verurſa-
n; weil ſie getragen werden, ſo wird die auf ſie wir-
de Kraft der Schwere aufgehoben. Das Waſſer folgt
nur der Kraft, die es mit dem Boden gleichlaufend
treibt, und es kann folglich nicht in der Richtung E F
ef gegen denſelben wirken.

Wenn aber dieſe Theorie falſch iſt, wenn ſich der
f des Strohms im Beharrungsſtand befindet, ſo iſt
es nicht in dem Augenblick, da ſich die neue Waſſer-
nge in ſein Bett ſtürzt. Es ſei A B (fig. 54.) die
he der Waſſermaſſe, welche plötzlich in das Flußbett
zt; da nun die verſchiedenen Theile der Säule A B
t getragen und ungleich gedruckt werden, ſo folgen,
zu gleicher Zeit der Kraft, welche ſie mit dem Boden
allel treibt, und dem Druck, welchen die Schwere
irkt, ſo daß in folgendem Augenblick die vordere Hö-
der Waſſer durch eine C S, die kleiner als A B iſt,
gedruckt wird. Man ſieht alſo augenſcheinlich, daß
Waſſerſpiegel erniedrigt worden iſt, daß alſo dieſe
ſſermaſſe wirklich der Schwere gefolgt iſt, und daß
nothwendig gegen den Boden nach einer Richtung ge-
kt hat, welche zwiſchen jenen beiden Bewegungen die
tlere iſt.

Wenn es offenbar iſt, daß die Waſſer dem Bo-
nur ſchaden, wann die Richtung ihrer Bewegung

nicht mit diesem Boden gleichlaufend ist, so ist es eben so offenbar, daß die Zeit, während der sie in ihrem Bett Einbrüche machen, von sehr kurzer Dauer ist. Denn es läßt sich der Unterschied zwischen den Höhen des Wasserstands an Stellen, die nicht weit von einander entfernt sind, als unmerklich annehmen, und sobald die Wasser mit dem Boden gleichlaufend fließen, so greifen sie denselben nicht mehr an, oder sie führen keine Kiesel daraus weg, außer in denen von uns bemerkten Fällen.

In der Denkschrift, welche ich im Jahr 1778. der Akad. d. W. zu Lyon vorgelegt, und worin ich meine ersten Gedanken über die Theorie der Flüsse entworfen hatte, hatte ich die zusammengesetzte Bewegung, welche die Wasser an der Stelle haben, wo eine beträchtliche Wassermenge plötzlich hinzuschießt, die **wallende Bewegung** genennt; aber bei dem Gebrauch dieses Ausdrucks war es nicht sowohl meine Absicht, eine deutliche Vorstellung von der Wirkung der Wasser beim Anfang der Anschwellung zu geben, als für den Zustand, worin sich solche in dem Augenblick, da sie die stärkste Wirkung gegen den Boden ausüben, eine Benennung zu haben.

Die Richtung und Größe dieser Gewalt läßt sich allemal bestimmen, so oft die Höhe der Wassermasse gegeben ist, welche in irgend einer Stelle des Flusses plötzlich ankommt; denn wenn die Höhe der Wassermasse gegeben ist, so ist es leicht, für eine gegebene Zeit, z. B. für eine Sekunde, die durch den mittlern Druck hervorgebrachte mittlere Geschwindigkeit zu bestimmen; es ist also leicht, die Höhe des Querschnitts an der Stelle zu bestimmen, der die mittlere Geschwindigkeit zukommt.

Zieht

Zieht man die Höhe dieſes Querſchnitts von der Höhe der anfänglichen Waſſermaſſe ab, ſo ergibt ſich der Ausdruck für die Tiefe, um welche die Oberfläche des Waſſers dem Boden näher gekommen iſt. Verzeichnet man alſo aus denen nach horizontaler und vertikaler Richtung in einer Sekunde durchlaufenen Räumen ein Parallelogramm, ſo zeigt die Diagonale die mittlere Richtung der flüßigen Maſſe. *)

Je beträchtlicher die Höhe der Waſſermaſſe iſt, welche einem Flußbett zufließt, deſtomehr wird die mittlere Geſchwindigkeit, welche der Druck hervorbringt, vergrößert, und da die Richtung von der Bewegung des Waſſers allemal ſchief gegen den Boden geneigt iſt, ſo gewinnt ſolches auch deſtomehr Leichtigkeit und Kraft, dem Boden zu ſchaden.

317. Die Veränderungen, welche ſich in dem Boden der Flußbette ereignen, werden alſo in einem kurzen Zeitraum, da wo die Anſchwellung ihren Anfang nimmt, hervorgebracht; und die Eigenſchaft, welche die Flüſſe haben, Grandſteine mit ſich zu führen, haben ſie nicht, wie bisher Jedermann geglaubt hatte, von der Höhe und Geſchwindigkeit, welche die Waſſer in ihrem Bett annehmen. Wenn die Flüſſe langſam und unvermerkt anſchwellen, ſo mögen ſie noch ſo hoch ſteigen, man bemerkt doch niemalen, wenn ſie wieder gefallen ſind, an irgend einer Stelle, wo die Ufer keinen merklichen Schaden gelitten haben, einige Veränderung am Boden des Betts, das heißt einige Verwühlung oder Wegführung

*) Unter mehrern Stellen beweißt auch die gegenwärtige, wie ſehr dem Franzos die Gabe eigen iſt, mit vielen Worten auf eine undeutliche Weiſe wenig zu ſagen.

der Kieſelſteine. Dieſes iſt eine Wahrheit, die von allen denen anerkannt wird, welche an den Ufern der Flüſſe wohnen; eine Wahrheit, die ich oft vor Augen zu legen Gelegenheit gehabt habe, und die Niemand leugnen kann, ſobald man einmal überzeugt worden iſt, daß die Flüſſe keine Kieſel mehr fortführen, wann ſie in einen unveränderlichen Zuſtand gekommen ſind; denn ſobald man vorausſetzt, daß ihre Waſſer nur nach unmerklichen Stufen ſteigen, ſo iſt ihre Oberfläche auf eine kleine Strecke allemal mit dem Boden gleichlaufend, und ſie fließen alſo ſo fort, als wenn ſie in einem unveränderlichen Zuſtand wären.

318. Man führt oft in den Flüſſen Dämme auf, welche ihr Bett verſperren, und oberhalb im Boden Vertiefungen verurſachen, die bald mehr bald weniger tief ſind. Es iſt nichts ſeltenes, daß die Dämme weggeführt werden, da die ausbrechenden Waſſer die gräulichſten Verwüſtungen verurſachen, ſie untergraben und verſtürzen die Brückenpfeiler, richten die Dammwege zu Grund ꝛc. Sie wirken grade ſo wie ein angeſchwollener Strohm, der ſich plötzlich in das Bett eines Fluſſes ſtürzt.

Ich finde bei Hrn. de la Condamine eines von den ſchönſten Beiſpielen, das man von der Wirkung anführen kann, welche die Waſſer hervorbringen können, wenn ſie in beträchtlicher Maſſe und ſchnell beifließen.

„Zwiſchen Macapa und dem nördlichen Hafen an „der Stelle, wo das große Bett des Fluſſes durch die „Inſeln am meiſten verengt wird, und vorzüglich gegen„über der großen Mündung des Arawary, welcher ſich „von der nördlichen Seite in den Amazonenfluß ergießt,

„zeigt

„zeigt die Meeresfluth eine ganz besondere Erscheinung.
„Während den drei ersten Tagen vom Voll- oder Neu-
„mond, welches die Zeit ist, wo die Fluth des Meeres
„ihre größte Höhe erlangt, steigt das Meer, anstatt ge-
„gen 6 Stunden zum Steigen anzuwenden, in einer
„oder zwo Minuten bis zu seiner größten Höhe. Man
„urtheilt ganz richtig, daß dieses nicht in der Stille ge-
„schehen könne. Man hört auf eine oder zwo Meilen
„weit ein fürchterliches Brausen, welches das Pororoca
„ankündigt, ein Name, womit die Indianer in diesen
„Landschaften diese schreckliche Fluth belegen. Je näher
„solche herankommt, desto stärker wird das Brausen, und
„man erblickt bald eine Wassermasse zu 12 bis 15 Fuß
„hoch, hierauf eine andere, dann eine dritte und zuwei-
„len eine vierte, die nahe hinter einander folgen, und
„welche die ganze Breite des Betts einnehmen; diese
„an einander grenzende Meereswogen setzen mit unglaub-
„licher Geschwindigkeit ihren Weg fort, zerschlagen und
„reißen alles weg, was ihnen hinderlich ist. Ich habe
„an mehrern Orten Merkmale ihrer Wuth gesehen, die
„größten niedergerissene Bäume, losgerissene Felsen, ei-
„nen Platz, von welchem erst kurz zuvor ein beträchtli-
„ches Stück Land war fortgeführt worden. Alle Plätze,
„über die sie hinströhmen, sind so sauber abgespühlt, als
„ob sie abgekehrt wären; die kleinen Boote, die aus
„Bäumen ausgehöhlten Fahrzeuge, selbst die kleinen
„Schiffe haben kein anderes Mittel, sich gegen die Wuth
„der Barre (so nennt man das Pororoca zu Cayenne) in
„Sicherheit zu setzen, als dadurch, daß sie in einer Ge-
„gend, wo man gut gründen kann, Anker werfen. Ich
„habe in verschiedenen Gegenden alle Umstände dieser
„Naturbegebenheit sorgfältig untersucht, und insbesonde-

„re auf dem kleinen Fluß Guama, der nicht weit von „dem Para entfernt iſt; allemal habe ich bemerkt, daß „ſie ſich nur in der Nähe der Mündungen der Flüſſe er„eignete, und wann die ſteigende und in einen engen Ka„nal genöthigte Wogen auf ihrem Weg eine Sandbank „oder einen hohen Boden antrafen, der ihrer Bewegung „hinderlich war; daß nur da und nicht anderswo die „ungeſtümme und regelloſe Bewegung des Waſſers ih„ren Anfang nahm, und daß ſolche ein wenig weiter „über die Bank hinaus nachließ, wenn der Kanal wie„der tief wurde oder ſich beträchtlich erweiterte. Ich „ſetze voraus, daß dieſe Bank beinahe eben die Höhe „habe, bis zu der ſich die Fluth oder das Steigen des „Meeres beim Neu- und Vollmond erhebt. Der Strohm „des Fluſſes muß durch den Gegenſtrohm, welchen das „Steigen der Meereswogen zur Zeit der Fluth verur„ſachen, da wo ſie einander begegnen, gehemmt werden; „und die erwähnte Stelle iſt es, wo ſich die gegen ein„ander laufenden und zu beiden Seiten gehemmten Ströh„me unvermerkt erheben müſſen, ſo lange noch der „Strohm des Fluſſes den Strohm der Meeresfluth zu„rückzuhalten vermag, und ſo lange bis letzterer jenen „überwältigt und endlich den Damm zerreißt, und wei„ter hinaus in einem Augenblick Ueberſchwemmungen „verurſacht. Etwas ähnliches ſoll ſich auf den Orcadi„ſchen Inſeln auf der nördlichen Seite von Schottland „zeigen, und bei dem Eintritt der Garonne in die Ge„genden vor Bordeaux, wo man dieſe Wirkung der „Fluth Maſcaret nennt.„ Mem. de l'Acad. année 1745. pag. 482.

319. Man kann an den Ufern des Meeres, ſo ruhig es auch immer ſein mag, die hohen Wellen ſehen, welche

welche auf eine bewundernswürdige Art den Zuſtand und die Wirkung der Waſſer in den Flüſſen zur Zeit plötzlicher Anſchwellungen zu erkennen geben; denn obgleich dieſe Wogen ſich faſt allemal auf einer Ebene zerſchlagen, welche ſehr ſtark und zwar nach einer ihrer Bewegung entgegengeſetzten Richtung abhängig iſt, ſo ſteigen ſie doch darauf in die Höhe, und treiben unaufhörlich Kieſel aus ihrer Stelle, wenn die Meeresufer damit bedeckt ſind. Dieſes findet ſich in noch vorzüglicherm Maaße an den Ufern des Oceans, weil die Fluth auf dem Meer in Verbindung mit den Winden außerordentlich hohe Wellen erregt; wenn alſo ſolche über Gründen entſtehen, die mit vielen Kieſeln angefüllt ſind, ſo werfen ſie ſolche in großer Menge an den Küſten aus. 1).

320. Man hat die Wirkung vom ſchiefen Waſſerſtoß gegen den Boden kennen gelernt, und ihn mit dem beſten Erfolg angewendet, aber ohne ſeine Stärke und

1) „Man nennt galets gewiſſe Kieſeln, welche von jähen „Meeresufern losgeriſſen werden, hauptſächlich von Ha„vre bis Heve, wo ſich ſolche in größerer Menge als ſonſt „irgendwo finden. Die ſteigende Fluth nimmt ſolche „mit fort, und wirft ſie an den Dämmen und in der „Mündung der Seine aus; dieſes geſchieht allezeit, „wann ſie Ströhmen in den Weg kommen, die ſich nach „einer ihrer Bewegung entgegengeſetzten Richtung trei„ben. Es iſt unglaublich, wie weit die Häfen in der „Normandie dieſer Beſchwerlichkeit ausgeſetzt ſind; ſie „ſammlen ſich daſelbſt in ſo großer Menge, daß die Hä„fen bald gänzlich davon verſperrt ſein würden, wenn „nicht die Schleuſen ſolche beſtändig abführten.„ Arch. hyd. tom. III. pag. 383.

und die genauen Umstände, worunter er statt fande, bestimmen zu können.

„Man bedient sich mit großem Nutzen der Schleu„sen, um die Häfen und schiffbare Kanäle zu reinigen „und zu vertiefen; nachdem man dieselben zur Zeit der „Fluth angefüllt hat, so eröfnet man sie zur Zeit der „Ebbe; das Wasser, das sich nun mit einem Fall her„abstürzt, reißt den Schlamm und Sand, den es in „seinem Weg findet, mit sich fort. Da es aber nur „über gewisse Stellen des Hafens oder des Kanals mit „so großer Gewalt hinströhmt, und die Seiten davon „nur wenig empfinden, so ist man auf eine besondere „Einrichtung verfallen, um einen Hafen überall gleich„mäßig zu reinigen, wodurch man nämlich den Wasser„strohm nach den erfoderlichen Stellen hinleitet, um an „solchen den Boden sehr tief auszuheben, so daß durch „diese Anstalten ein Hafen, worin nur kleine Schiffe „anlanden können, für Kriegsschiffe brauchbar wird.„ Arch. hydr. T. III. pag. 56.

Man kann in eben dem Werk Tom. III. liv. II. chap. V. die ausführliche Beschreibung des Verfahrens nachlesen, wie man sich der Schleusen bedient hat, die Häfen und Kanäle von Cherbourg, Havre ꝛc. zu vertiefen. Da sich in diesen Gegenden das Meer zur Zeit der Fluth 16 bis 17 Fuß hoch erhebt, so behält man mittelst der Schleusen das Wasser beiläufig auf diese Höhe zurück, und wenn die Ebbe erfolgt, so eröfnet man die Schleusen. Man hat also sehr beträchtliche Wassermassen, welche plötzlich in einen Hafen oder Kanal stürzen, in den Boden wühlen, und den Sand, ja selbst die etwa darin befindliche Grandsteine mit sich wegführen.

Man

Man bemerkt inzwiſchen, daß die Wirkung derer
rch die Schleuſen abgelaſſenen Waſſer immer deſto
hwächer wird, je weiter die Stelle, wo ſie ausgeübt
ird, von dem Anfang des Abſchuſſes entfernt iſt. Es
ird nämlich die vertikale Höhe der abſchießenden Waſſer
mmer deſto geringer, je weiter ſich ſolche von der Schleu-
entfernen, und ihre Kraft, den Boden auszuheben,
mmt alſo nothwendig auch immer mehr ab. Dieſem
blen Umſtand hilft man dadurch ab, daß man von
Strecke zu Strecke längſt dem zum Behuf der Schiffahrt
uszuräumenden Kanal Schleuſen anbringt, und nun
lche entweder alle zugleich oder einzeln abläßt, je nach-
m es die Umſtände erfordern. Wir begnügen uns,
nſern Leſern die Bemerkung mitzutheilen, daß die Wir-
ng der Waſſer in irgend einer Stelle niemalen größer
t, als wenn ihr Zufluß größer und ſchneller iſt. Wir
ollen nun noch einige Sätze mittheilen, die aus unſerer
heorie folgen.

I) In einem und eben dem Fluß kann eine kleine
nſchwellung auf dem Boden des Betts eine größere
eränderung bewirken, als eine ſtärkere Anſchwellung,
enn dieſe langſamer erfolgt.

II) In einem und eben dem Fluß iſt die Breite
es Betts nicht unveränderlich. Nimmt man einen
öglichen Zutritt einer beſtimmten Waſſermenge an, ſo
t ihr Beſtreben, den Boden auszuheben, um ſo viel
rößer, je enger das Bett iſt, und um ſo viel ſchwächer,
breiter das Bett iſt. Es wird nämlich in dieſem letztern
all die Höhe der beiſtröhmenden Waſſer weit geringer.

III) Da die ſtarken Regen und Schneewaſſer haupt-
chlich auf den Gebirgen ſtatt finden, ſo muß man auch

auf

fortführt, und obgleich seine Wasser den höchsten Stand haben, und vielleicht die größte Gewalt, deren sie fähig sind, so hören sie dennoch auf, Grandsteine zu führen. Wenn sie nicht die nämliche Wirkung ausüben, wie schwache Flüsse bei ihrem Ursprung, so folgt daraus nicht, daß diese in Ansehung ihrer Gewalt mit jenen verglichen werden könnten; es folgt nur, daß sie nicht mehr auf eben die Art wirken können; sie können nur das wegführen, was ihrer Bewegung hinderlich sein kann. Da aber die Wasser nach und nach zu ihrer Höhe gestiegen sind, so haben sie keinen plötzlichen Sturz erlitten; ihre Geschwindigkeit hat größer werden können, aber ihr Stoß ist immer mit dem Boden gleichlaufend geblieben; er war genau und nothwendig der nämliche, welcher statt findet, wenn der Strohm in den Beharrungsstand gekommen ist.

Zweeter Fall.

322. Ich habe gesagt, daß die Wasser auch allemal einen plötzlichen Fall machen, wenn sie aus einem weiten Bett durch Hindernisse genöthigt werden, durch ein engeres durchzugehen, und daß sie folglich alsdann den Boden angreifen können. Diese Wahrheit ist auf feste Gründe gebaut worden; wir schränken uns daher gegenwärtig nur darauf ein, die Wirkung der Wasser in dem eben angezeigten Zustand zu erklären.

Wenn das Bett der Flüsse immer einerlei Breite behielte, so könnten die Wasser nur wenn die Anschwellung beginnt, und hauptsächlich da, wo sie ihren Anfang nimmt, Kiesel fortführen und aus ihrer Stelle treiben; man setze aber, die Breite des Betts sei veränderlich, je geringer solche nun wird, und je schneller die Verände-

rung

ng eintritt, ſie mag vom Urſprung des Fluſſes, ſo
eit man will, entfernt ſein, deſto höher ſteigen an ſol-
er Stelle die Waſſer, und ſie machen alſo einen deſto
irkern Fall und wirken um ſo viel heftiger gegen den
oden.

Es iſt klar, daß die Wirkung, von der ich eben
redet habe, nicht bloß zu Anfang einer jeden Anſchwel-
ng ſtatt findet, ſondern daß ſich ſolche in eben der Kraft
halten wird, ſo lange die Waſſer über der Stelle, wo
s Bett ſich verſchmälert, in eben der Höhe ſtehen
ibt.

Es folgt daraus, wenn Waſſer oberhalb einer
trohmbeſchleunigung die Eigenſchaft Grandſteine fort-
führen nicht mehr äußern, ſo würden ſie doch das
ermögen noch haben, an dieſer Stelle ſolches zu be-
rken, wenn ſich daſelbſt Kieſel befänden.

Wenn man von einer Stelle, wo ein Fluß ſehr
eit iſt, nach einer andern hingeht, wo das Bett ſehr
mal iſt, ſo verurſacht der Fall, welchen das Waſſer
der letztern Stelle macht, allemal eine Vertiefung,
fern der Boden an ſich eines ſolchen Angriffs fähig iſt.

Je höher der Waſſerſtand iſt, und je weniger Halt-
rkeit der Boden an ſich hat, deſto tiefer wird er vom
Waſſer ausgefreſſen.

Die Länge der Strecke, auf der ſich dieſe Vertie-
ng wahrnehmen läßt, iſt niemalen größer, als wenn
s Bett unterhalb der Strohmbeſchleunigung einerlei
reite behält; aber in eben dieſem Fall brauchen ſich
e Waſſer nicht weit von dem Anfang der Strohmbe-
leunigung zu entfernen, um mit dem Boden parallel
rzufließen, ſobald ihr Lauf in bleibenden Stand ge-

kommen iſt; es können folglich in einer geringen Entfernung von der Strohmbeſchleunigung, es mag nun ober- oder unterhalb derſelben ſein, die Waſſer anders nicht als zur Zeit der Anſchwellung Strandſteine mit ſich führen.

Wenn ein Fluß unterhalb einer Strohmbeſchleunigung die Breite wieder erhält, welche er zuvor hatte, ſo nimmt er auch ſeine vorige Tiefe wieder an, ſo daß der Boden da, wo ſich die Strohmbeſchleunigung befindet, ausgehöhlt iſt.

Wenn man bei Brückenanlagen die Pfeiler dergeſtalt vervielfältigt, daß dadurch die Strohmbreite beträchtlich vermindert wird, ſo wirken dieſe Pfeiler wie Dämme; ſie verurſachen rückwärts gegen den Strohm eine Aufſchwellung, und unterhalb jedem Brückenbogen einen plötzlichen Waſſerfall, ſo daß unterhalb bei den Pfeilern der Boden ausgehoben und ſolche zuweilen ganz untergraben werden.

In dem Abſchnitt, wo vom Brückenbau geredet wird, werden wir alle Mittel anzeigen, die man anzuwenden hat, um ſich ihrer Dauer zu verſichern; hier begnügen wir uns, unſern Leſern nur anzuzeigen, wie vortheilhaft es iſt, die Brücken da anzulegen, wo die Flüſſe die größte Breite haben, wenn man die Veranlaſſungen zu Vertiefungen möglichſt heben will.

Dieſe Vorſicht iſt in Flüſſen nothwendig, deren Boden nicht feſt zuſammenhängt; es mag nun ſolches an Stellen ſein, wo ſolche plötzlichen und beträchtlichen Anſchwellungen ausgeſetzt ſind, oder es mag weit von ihrem Urſprung weg ſein, wofern ſie nur dem Beifluß einer großen Waſſermenge unterworfen ſind.

Man

Man kann zu dieſer zwoten Wirkungsart der Waſſer den Effekt rechnen, welchen die Hafenräumer hervorbringen, die man zur Abräumung der Anhägerungen gebraucht, welche an verſchiedenen Plätzen der Häfen und Kanäle entſtehen. *)

323. Wenn die Waſſer niedrig ſtehen, ſo iſt die Geſchwindigkeit an der Stelle der Vertiefung geringer, als unmittelbar darüber oder darunter; aber zu Fluthzeiten fängt die Beſchleunigung da an, wo ſich das Bett plötzlich verſchmälert; ſie nimmt mit dem Gefälle der im Boden ausgefreſſenen Strecke zu, und iſt da am größten, wo die Waſſer wieder zu ſteigen anfangen. Dieſe Wirkung findet ſo lange ſtatt, als die Geſchwindigkeit, welche die Waſſer haben, wann ſie an der tiefſten Stelle der im Boden ausgefreſſenen Strecke ankommen, zureichend iſt, ſolche darüber hinauszutreiben; können ſie ſich aber über die ausgehobene Strecke vermöge ihrer Geſchwindigkeit nicht erheben, ſo müſſen ſie über ſich ſelbſt zurückſtröhmen und ihre Oberfläche muß ſich erheben, bis ſie unterhalb der ausgehobenen Strecke ſo viel Waſſer abzuführen vermögend ſind, als dieſer Strecke zufließt.

Man könnte uns fragen, warum die Vertiefungen, wovon wir eben geredet haben, niemalen ausgefüllt werden? die Antwort iſt leicht: die Waſſer begeben ſich oberhalb der Eigenſchaft, Kieſel beizuführen, indeß ſie das Vermögen behielten, dergleichen an der Stelle, wo die

*) Unter den Deutſchen verdient hier vorzüglich Hrn. Silberſchlags Hydrotechnik, II. Th. im letzten Abſchnitt nachgeleſen zu werden.

die ausgefreſſene Strecke ihren Anfang nimmt, noch fo
zuführen; es iſt alſo unmöglich, daß dieſe Vertiefu
ausgefüllt werde, wenn die Ufer ungeändert bleiben.

Man könnte uns überdas die Frage aufwerfen,
der Boden in der ausgefreſſenen Strecke nicht eben
beſtändige Dauer erlangen könne, wie oberhalb der
ben? dieſes leidet gar keinen Zweifel; es mag näml
die Richtung wie man will beſchaffen ſein, nach welch
das Waſſer am Anfang der Vertiefung und darunter
vortheilhafteſten wirkt; iſt der Boden einmal dergeſ
ausgehoben, daß er, wo nicht völlig, doch beinahe
Richtung des Waſſers gleichlaufend iſt, ſo hat er alsdan
eben die Dauer, als wenn er horizontal wäre, und
wenn zur Zeit einer Anſchwellung die hinzuſchießend
Waſſer nach eben der Richtung wirkten.

Wenn man übrigens annähme, daß die Tiefe
ausgehobenen Strecke immerfort zunähme, ſo müßte
Waſſermaſſe, welche ſie faſſen könnte, immer beträch
cher werden, folglich die mittlere Geſchwindigkeit abn
men, und die Waſſer, welche in der Vertiefung beſt
dig zurückblieben, müßten die Wirkung der hineinſtr
menden verſchwächen, wo nicht gänzlich verhinde
Wenn Waſſerleitungen, die nach einem gleichmäßi
Gefälle angelegt ſind, durch etwas tiefe Behälter un
brochen werden, ſo ſind die Waſſer in den Behält
gleichſam tod, und ihre bewegende Kraft iſt weit
ſchickter, fremdartige Materien auf dem Boden der W
ſerleitungen in Bewegung zu ſetzen, als auf dem Bo
der Behälter. Im Grunde ſind für ſolche alle
fremdartige Materien und Unreinigkeiten be[illegible],
che die Waſſerleitungen nicht aufhalten können.

[illegible] dem [illegible]

Da

Dritter Fall.

324. Das Waſſer muß überdas auch allemal ge-
n den Boden wirken, ſo oft es Hinderniſſe antrifft,
ıb muß ſich gegen ſolchen über, vermöge der erlangten
eſchwindigkeit erheben.

Wenn die Richtung eines Fluſſes plötzlich abgeän-
rt wird, ſo müſſen ſeine Waſſer an dem Ufer, das
r Gewalt ſeines Strohms ausgeſetzt iſt, deſto höher
igen, je mehr ſich der Winkel, nachdem ſein Bett
brochen iſt, einem rechten nähert. Wenn aber ihre
eſchwindigkeit erſchöpft iſt, ſo müſſen ſie wieder zu-
ckfallen, und werden alſo durch ihren Fall vorzüglich
ſchickt, den Boden auszufreſſen. Man bemerkt auch
ı ſolchen Stellen allemal Vertiefungen. Zuweilen iſt
r Winkel ſpitz. In dieſem Fall wird, wenn die Ufer
cht angegriffen werden können, die Strecke, wo die
ertiefung entſteht, oft ſehr beträchtlich; es entſtehen
ſelbſt Wirbel, die um ſo viel größer und gefährlicher
rden, je mächtiger und reißender die Ströhme ſind.

Die Wirkung der Waſſer gegen den Boden, wel-
e von entgegen ſtehenden Hinderniſſen herrührt, kann
h ſowohl ober- als unterhalb ſolchen Hinderniſſen
ßern.

Je geringer nun überhaupt die Höhe der entgegen
hend:n Hinderniſſe und je größer die Geſchwindigkeit
r Waſſer iſt, deſto weiter äußert ſich dieſe Wirkung
r Waſſer unterhalb der Hinderniſſe, und die Vertie-
ngen folgen auf dieſer Seite. Das Gegentheil erfolgt,
nn die Waſſer nicht über die im Weg liegenden Hin-
rniſſe unter de[illegible]ſtröhmen können; in dieſem Fall nehmen
wiſchen die Vertiefungen allemal auf den Seiten ih-

ren Anfang, weil die Waſſer hier keinen Widerſtand finden und ungehindert herabſtürzen können.

Die Dämme, welche die Flüſſe nach ihrer ganzen Breite verſperren, und die man anlegt, um Waſſergräben u. dergl. unterhalten zu können, werden niemals anders als auf der äußern Seite, die dem Strohm abwärts liegt, verdorben.

325. Wenn ſich auf einem Boden, welcher nicht leicht angegriffen werden kann, eine beträchtliche Steinmaſſe befindet, die nicht feſt genug mit dem Boden zuſammenhängt, um der Gewalt des Strohms Widerſtand zu leiſten, ſo wird ſie nothwendig mit fortgeführt; man ſetze aber, ſie komme in eine ſolche Gegend des Flußbetts, wo der Boden leicht ausgefreſſen werden kann; da ſie nicht die Geſchwindigkeit des Strohms annehmen kann, ſo bewirken die Waſſer oberhalb oder zur Seite der Steinmaſſe durch ihren Fall eine Vertiefung, in welche ſolche ſo tief herabſinkt, bis der Fall, welcher unterhalb derſelben entſtehen kann, nicht mehr ſtark genug iſt, dergeſtalt zu wühlen, daß ſie ihren Platz verlaſſen müßte.

Ich habe mehrmalen beträchtliche prismatiſche Steinmaſſen auf Wieſengründen und in ſolchen Gegenden eines Flußbetts angetroffen, wo es feſten Boden hatte, die, wenn ſie dem ungeſtümmen Strohm der Waſſer zu Fluthzeiten ausgeſetzt waren, ſehr weit fortgeführt worden waren, und nicht eher ruhig liegen blieben, als bis ſie an Oerter kamen, wo ſie ſich verſenken konnten.

Ich habe auch unter eben den Umſtänden geſehen, daß Steine, die auf Ackerfeldern oder auf ſandichten Plätzen lagen, an der nämlichen Stelle, wo ſie die

Fluth

Fluth erreicht hatte, oder doch ganz nahe dabei ganz vergraben worden waren.

Man lege an das Ufer des Meeres an irgend eine Stelle, wo nichts als Sand anzutreffen ist, eine Steinmasse, die groß genug ist, um nicht so leicht dem Wasserstoß nachzugeben; man wird alsdann beim Rückfall der ersten Welle bemerken, daß diese Steinmasse unterwühlt und versenkt wird; eine zwote Welle wird eben den Erfolg wiederholen, und der Stein wird endlich ganz verschwinden, wenn der Sand nachgiebig und tief genug und die Wellen hoch sind.

326. Die Dämme, welche mit Mauerwerk aufgeführt sind und die auf Grand stehen, würden nicht davon geführt werden, wenn sie eine hinlängliche Dicke hätten, um dem Wasserstoß widerstehen zu können; sie würden aber dennoch nicht von beständiger Dauer sein. Es könnten nämlich fürs Erste die anwachsenden Wasser alle zugleich über sie hinaussteigen, und sie an beiden Enden angreifen; in solchem Fall würden sie längst dem abschießenden Strohm herab und zu beiden Seiten durchwühlt. Fürs Zweite könnten die Dämme eine solche Gestalt haben, daß sie nur beständig von den Seiten angegriffen würden; sie könnten endlich fürs Dritte nur von einer Seite angegriffen werden, sie würden aber hierdurch beständig unterwühlt.

Was wir vorgetragen haben, zeigt zur Genüge die Wirkungsart der fließenden Wasser. Wir werden uns über ihren Effekt umständlicher herauslassen, wenn wir von der vortheilhaftesten Erbauung und Anordnung der Dämme handeln.

Von den dreien Fällen, welche wir unterſchieden haben, und nach welchen die Strohmwaſſer Vertiefungen verurſachen können, wird der erſte immer deſto ſchwächer, je mehr man ſich vom Urſprung der Flüſſe entfernt, aber der zweete und dritte können mit gleicher Kraft in allen Gegenden ihres Laufs ausgeübt werden.

Eilfter Abſchnitt.

Von der Wirkung der Waſſer gegen die Ufer.

327.

Die Ufer können als Dämme angeſehen werden; allemal alſo, wenn die Flüſſe gegen ſolche anſtoßen, ohne über ſie hinauszuſteigen oder ſie zu verderben, ſteigen ſie ſolchen gegenüber in die Höhe, und verurſachen durch ihr Fallen Aushöhlungen, deren Zahl mit der Anzahl der Winkel zunimmt, welche die Richtung des Betts macht.

Die Dauer der Ufer wächſt mit der Feſtigkeit der Materien, woraus ſolche beſtehen, und mit der Verhältniß, worin der Strohm ſchwächer iſt.

Die Ufer werden nicht leichter angegriffen, als wenn ſie aus bloßen Sand beſtehen; es iſt inzwiſchen was ſehr Seltenes, daß die Sandkörner nicht mit Leimen gleichſam zuſammengebacken ſind, und ſie haben daher beinahe allemal einen ziemlich ſtarken Zuſammenhang.

Wenn die Waſſer mit den Ufern parallel fließen, ſo mag ihre Geſchwindigkeit ſein, welche ſie will, ſie äußern doch keine andere Wirkung gegen ſie, als diejenige, welche aus dem Druck entſteht; in dieſem Fall

ſind

ſind ſie dem Verderben auch nicht mehr ausgeſetzt, als wann ſie nur den Druck ruhig ſtehender Waſſer auszuhalten hätten.

Die Gewalt des Waſſers, die Ufer auszufreſſen, wird deſto größer, je größer ſeine Geſchwindigkeit wird, und je mehr ſich ſeine Richtung der ſenkrechten nähert, 1) gleichwohl werden die Ufer gewöhnlich nur zu Fluthzeiten angegriffen. Es iſt etwas ſehr Seltenes, daß, wann die Flüſſe in ihrem gewöhnlichen Zuſtand ſind, ihr Hauptſtrohm grade gegen die Ufer anſtoße, oder daß er Gewalt genug habe, ſolche zu verderben. Wenn die Waſſer auf die ganze Höhe der Ufer zu Fluthzeiten wirken können, ſo freſſen ſie ſolche nach dieſer ganzen Höhe auf gleiche Art aus, wenn die Feſtigkeit der Erdarten einerlei iſt. Es iſt nämlich, die Umſtände ausgenommen, wo das Waſſer Fälle macht, die Geſchwindigkeit des Waſſers in allen Stellen in einerlei Strohm als gleich

1) Wenn man auf dergleichen Flüſſe, wie die Seine, Marne, Saone, die ein ſchwaches Gefäll und einen ſanften Strohm haben, Acht hat, ſo könnte man verleitet werden, zu glauben, daß die Wendungen des Strohms der Haltbarkeit des Betts nichts ſchaden; aber dieſe Flüſſe dürfen nicht anders betrachtet werden, als wie große Ableitungskanäle, und ſie haben mit ſolchen, welche in gebürgichten Gegenden fließen, gar keine Aehnlichkeit. Letztere freſſen unaufhörlich an den Ufern, welche ihrem Stoß ausgeſetzt ſind; Wo ſie ſich wenden, haben ſie gar keine Haltbarkeit, wenn man ſie nicht mit Futtermauern, die auf einem hinlänglich feſten Grund aufſitzen, bekleidet, oder Bäume anpflanzt, deren Wurzeln das Erdreich zuſammenhalten und gegen den Strohm verwahren, und dieſe Mittel ſind oft nicht hinlänglich.

groß anzusehen; wenn sich nun die Geschwindigkeit und Richtung des Wassers nicht abändern, so muß auch die Gewalt des Wasserstoßes einerlei sein.

Es ist inzwischen gewöhnlicher, daß die Festigkeit des Erdreichs gegen den Boden herab größer wird; in diesem Fall werden die Ufer am obern Theil stärker angegriffen, und erhalten dadurch eine Abdachung. Das Gegentheil erfolgt, wenn die Festigkeit in der Tiefe geringer ist; die Wasser unterwühlen alsdann die Ufer, und das obere Erdreich fällt alsdann nicht sowohl wegen des unmittelbaren Angriffs des Strohms als wegen der Entziehung des Grundlagers herab.

Es ist etwas sehr gewöhnliches, an Stellen, wo die Flüsse hohe Ufer haben, über welche die Wasser auch bei der stärksten Anschwellung nicht hinaussteigen können, dergleichen Unterwühlungen anzutreffen. Es können nämlich nur die dem Strohm ausgesetzten Theile weggerissen werden; die höher liegenden fallen nur in so weit nach, als ihnen die Haltbarkeit entgeht.

Das Erdreich, woraus die Ufer der Flüsse bestehen, hat zu wenig Festigkeit, und gleichwohl hören die Wasser nach einiger Zeit auf, dasjenige Ufer anzugreifen, gegen das sie vorher ihre Richtung genommen hatten. Dieses ereignet sich aber nur darum, weil der Fluß an der Stelle, wo das eine Ufer stark ausgefressen worden ist, eine viel größere Breite erlangt hat, und weil die Wasser den Boden und die Ufer immer desto weniger ausfressen, je größer der Platz wird, über den sie sich ausbreiten. Wenn sie übrigens schnell anwachsen, so machen sie sich zuweilen ein Bett, das von ihrem vorherigen verschieden ist.

Zwölfter Abschnitt.

Von der Lage der Flußbetten.

328.

„Gemeiniglich, sagt Hr. v. Büffon, 1) nehmen die „Flüsse die Mitte der Thäler ein, oder vielmehr den niedrigsten Theil der Gegend zwischen zwoen „Anhöhen oder Bergen, die einander gegenüber liegen. „Wenn die zu den Seiten des Flusses liegenden Hügel „beide ohngefähr einerlei Abhang haben, so nimmt der „Fluß beiläufig die Mitte des Thals, oder des zwischen „den Anhöhen liegenden Grundes ein; es mag dieses „Thal weit oder enge sein, wenn die Hügel oder Anhöhen zu beiden Seiten des Flusses gleichen Abhang haben, so durchströhmt der Fluß die Mitte des Thals. „Wenn im Gegentheil die eine Anhöhe ein stärkeres Gefälle hat, als die gegenüber liegende, so streicht der „Fluß nicht mehr durch die Mitte des Thals, sondern „er streicht um so viel näher an der stärkern Anhöhe hin, „als der Abhang dieser Anhöhe beträchtlicher ist, als der „Abhang der gegenüber stehenden; die niedrigste Stelle „der Gegend ist in solchem Fall nicht mehr die Mitte „des Thals; solche liegt viel näher an dem Hügel, welcher den stärkern Abhang hat, und eben darum liegt „auch der Fluß solchem näher. In allen Gegenden, wo „sich auf der einen Seite des Flusses Gebirge oder Anhöhen befinden, welche einen starken Abhang haben, „und auf der andern Seite Anhöhen, welche sanft stei-

„stei-

1) Theorie de la terre tom. II. pag. 44.

verſchiedenen Zeiten den ganzen Raum von B C bis in G eingenommen, und ſolcher ſei mit Kieſeln bedeckt; wir wollen uns endlich gedenken, es ereigne ſich eine plözliche und beträchtliche Anſchwellung, deren Wirkung darin beſtehe, den Waſſern ein neues Bett nach der Richtung A D E zu verſchaffen.

Wenn die Veränderung des Betts vollkommen iſt, ſo ſieht man augenſcheinlich, daß die Waſſer nicht alle die Kieſel, welche ſich auf dem neuen Weg, den ſie nehmen, ausgebreitet befinden, vor ſich hinſtoßen können; denn wenn ſolches geſchähe, ſo müßte der ſo entſtehende Kieſelhaufen bald ſo groß werden, daß die Waſſer nicht mehr darüber hinſtröhmen könnten.

Indem ſich die Waſſer ein neues Bett aushöhlen, ſo machen ſie ſich ihren Weg über einen Boden, der höher iſt als jener, den ſie zuvor einnahmen, und dieſe neue Bahn entſteht nothwendig in einem Zug fort durch die ſchnelle und ununterbrochene Wirkung der anſchwellenden Waſſer auf eben die Art, wie eine Furche durch die fortgehende Bewegung eines Pflugs; denn wenn der Widerſtand des Bodens in D E die Bewegung der Waſſer unterbrechen könnte, ſo würden ſie ſich in das alte Bett, wohin ſie ein ſtärkeres Gefälle haben, hinziehen. Es iſt aber klar, daß ſie nicht zugleich das alte Bett einnehmen und das neue aushöhlen können; übrigens kann die Aenderung des Betts nur in ſoweit ſtatt finden, als der Hauptſtrohm zur Zeit der Anſchwellung nach D E gelenkt würde. Wenn nämlich der ſtärkſte Strohm alsdann ſeine Bahn in B C behielte, ſo wäre keine Urſache vorhanden, die ihn nöthigen könnte, ſolche zu verlaſſen.

Es

Es ist endlich bewiesen, daß außer denen Fällen, welche wir (§. 315.) bemerkt haben, die bei diesem Umstand nicht statt haben, die Wasser ihr Bett nicht merklich aushöhlen können, außer wann sie einen solchen Fall machen, der durch ihre plötzliche Anschwellung verursacht wird. Sobald der Unterschied ihrer Lage in der Oberfläche auf eine kleine Strecke nicht mehr merklich ist, so ist der Boden dem Ausfressen nicht mehr ausgesetzt; die Grandsteine, welche sich in D E befanden, können also nicht durch die, eine beträchtliche Zeit hindurch allmählig ausgeübte Wirkung der Wasser weggeführt worden sein.

Wenn die Veränderung als vollkommen vorausgesetzt wird, wobei also die Kiesel der Richtung der Wasser nicht folgen können, und die Aushöhlung nur in einem sehr kurzen Zeitraum durch die ohnunterbrochene Wirkung des Hauptstrohms bewirkt wird, so ist klar, daß die Wirkung der Wasser vollkommen mit der, welche ein Pflug hervorbringt, verglichen werden könne. Wenn man einen Fluß von dem einen seiner Ufer B C entfernen, und ihn über eine mit Grandsteinen bedeckte Strecke wie D E leiten will, so hebt man diese Kiesel, möglichst tief aus; man gräbt sogar Kanäle in diesen mit Kieseln ausgefüllten Strecken, und wenn die Flüsse nicht sehr breit und sie übrigens plötzlichen Anschwellungen ausgesetzt sind, so ist es alsdann was seltenes, daß sie ihr Bett nicht verändern sollten; sie nehmen ihre neue Bahn da, wo sich die Kiesel befanden, und die Kiesel werden nun da, wo die Wasser ihre Bahn hatten, auf einander gehäuft.

330. Wer behaupten wollte, daß die Kiesel, welche sich auf dem Platz, wo sich zuvor die Wasser befanden,

den, angehäuft haben, durch den Fluß beigeführt worden, und von denen, die ſich gegenüber befanden, verſchieden ſeien, der würde eine große Ungereimtheit behaupten; denn wenn man annähme, daß die Waſſer diejenigen Kieſel, welche ſich zuvor an der jetzt überſtröhmten Stelle befanden, vor ſich hingetrieben hätten, ſo könnten diejenigen, welche aus den obern Gegenden des Strohms hergekommen wären, die Bahn des Hauptſtrohms nicht verlaſſen haben; ſie könnten alſo auch nicht über die Fläche des alten Betts ausgebreitet worden ſein.

331. Die vollkommenen Veränderungen finden nicht anders als bei großen Anſchwellungen ſtatt; ſie ſind deſto gewöhnlicher, je geringer der Widerſtand iſt, den Boden und Ufer entgegenſetzen können, und je ſtärker und ſchneller die Waſſer anwachſen. Es würden daher die vollkommenen Veränderungen ſehr gemein ſein, wenn die Flüſſe in der Nähe ihres Urſprungs nur über Sand oder Schlamm hinflößen; dieſes findet aber ſelten ſtatt, und man findet nur bei den Mündungen der Flüſſe, daß ihre Ufer und Boden bloß Sand und Schlamm führen. Wenn inzwiſchen gleich der Anwuchs der Waſſer in dieſer Strecke ihres Laufs nicht ſo ſchnell geſchieht, als in höher liegenden Gegenden, ſo ſind dennoch die vollkommenen Veränderungen daſelbſt ſehr gemein. Der geringe Zuſammenhang des Bodens hat ohne Zweifel auf dieſen Erfolg einen beträchtlichen Einfluß, es entſtehen aber auch in ſolchen Gegenden Waſſerfälle von der angezeigten Art (§. 322.), und wenn die Waſſermenge ſehr groß iſt, ſo iſt es vermögend, ungeheure Aushöhlungen zu bewirken. Nichts iſt ſo veränderlich, als die Anzahl und Lage der Mündungen bei

Flüſſen;

Flüſſen; dieſes iſt eine ſehr bekannte Erſcheinung; ich führe auch das nachſtehende Beiſpiel gar nicht zum Beweis dieſes Satzes an, ſondern nur, um zu zeigen, wie groß die von den Waſſern angewendete Gewalt iſt, um ſich neue Bette zu machen, wenn ihre Maſſe beträchtlich iſt und der Boden wenig Feſtigkeit hat, und wie viele Sorgfalt man nöthig hat, um bei ſolchen Umſtänden die Urſachen aus dem Weg zu räumen, welche dergleichen Veränderungen bewirken können.

„Es war ehemals an dem auf der Morgenſeite ge„legenen Ufer der Rhone, ohngefähr anderthalb Meilen „von ihrer Mündung, eine Strecke Landes, die niedri„ger lag, als die übrige Gegend; das Meer ſtieß bei „heftiger Bewegung bis zu dieſer Strecke, und bewirkte „verſchiedene kleine Seeen, die an verſchiedenen Stellen „von dem Fluß nur durch einen Aufwurf von Erde, der „ihm ſtatt eines Damms diente, unterſchieden. Wenn „dieſe Seeen im Sommer ausgetrocknet waren, ſo gab „das zurückgebliebene Salz Veranlaſſung zu einem ver„botenen Salzhandel von Beträchtlichkeit. In der Ab„ſicht, ſolches zu verhindern, durchſtach man den Damm, „um vermittelſt einer mit einem Schutzbret verwahrten „Schleuſe die Waſſer aus der Rhone in dieſe kleine Seeen „einzulaſſen, und das Salz aufzulöſen. Da dieſe Schleu„ſe, die nur nach Nothdurft eröfnet werden ſollte, in „einer gewiſſen Nacht im Jahr 1711, da die Rhone „plötzlich angeſchwellt wurde, aus Nachläßigkeit offen „geblieben war, ſo brach ſie mit ſolchem Ungeſtümm „durch, daß ſie die Schleuſen-Mauern davon führte, „und ſich eine Bahn machte, die ſich immer weiter aus„breitete, indem der Abhang der Gegend den Abſchuß

„der Waſſer ſehr beförderte, und ſolche durch einen kür„zern und ungezwungenern Weg führte, als die Beu„gungen des Betts nach der Mündung der Rhone, wel„che bras de fer *) genennt wird, verſtatten.„ Arch. hydr. tom. IV. §. 707. pag. 84.

332. In den Flüſſen, deren Boden mit Kieſeln bedeckt iſt, ereignen ſich gleichfalls vollkommene Veränderungen; es wird aber hierzu erfodert, daß die Flüſſe plötzliche und ſtarke Anſchwellungen leiden. Man weiß, daß die Dürance in verſchiedenen Stellen ihres Laufs nach einer plötzlichen und ſtarken Anſchwellung zuweilen ihren Weg über Strecken nimmt, die zuvor mit Kieſeln bedeckt waren, und ziemlich weit von ihrer vorigen Bahn entfernt ſind. Dieſer Fluß leitet unter dieſen Umſtänden auf eine wichtige Beobachtung. Indem er ſeinen völligen Lauf weit von ſeinem vorigen Bett nimmt, ſo werden die Grandſteine, welche er weghebt, um ſich neue Ufer zu machen, nicht weit weggeführt; ſein altes Bett iſt daher bei der Abnahme der Anſchwellung nicht ausgefüllt; es bleibt gewöhnlich lange Zeit hindurch mit todten Waſſern angefüllt, und oft iſt die Anſtrengung menſchlicher Kräfte nöthig, um den Boden erhöhen zu laſſen und ſolchen urbar zu machen.

333. Bei Flüſſen, die eine geringe Breite haben, verurſachen die vollkommenen Veränderungen des Betts eine allgemeine Verſtöhrung; die Waſſer wirken wie ein Pflug, der neben einer ſchon vorhandenen Furche eine

*) Ich laſſe dergleichen Benennungen gerne in ihrer Grundſprache ſtehen; ich würde ſonſten der unüberwindliche Arm geſagt haben.

neue reißt, und mit dem ausgeriſſenen Erdreich jene ebenfurche wieder ausfüllt; bei großen Flüſſen aber nen vollkommene Veränderungen das alte Bett oder alten Betten eben ſo in ihrer Geſtalt belaſſen, wie ei- neue Furche eine andere, die in einiger Entfernung n ihr gezogen iſt, ungeändert läßt.

334. Nach dem, was wir in Anſehung der Art, e die Flüſſe ihre Betten machen, geſagt haben, iſt es llkommen bewieſen, daß die Waſſer ihre Ufer und Bo- angreifen können, und daß dieſer Angriff deſto ſchnel- erfolgt, je geringer die Haltbarkeit des Bodens und Ufer iſt; es folgt alſo hieraus, daß die Flüſſe deſto hr der Veränderung ihres Betts unterworfen ſind, je niger Zuſammenhang die Materien haben, über die hinſtröhmen. Dieſer Schluß wird durch die wirkli- n Erſcheinungen vollkommen beſtätigt, wiewohl er den undſätzen des Guielmini ganz zuwider iſt. Nach ſem Schriftſteller ſind die Flüſſe nicht zu bezwingen, an ſie über grandigtes Erdreich hinfließen, und ſie ſind ndlich leichter zu regieren, wenn ſie ihre Bahn über en ſandichten Boden genommen haben. Man kann dieſer Behauptung anmerken, daß es ſehr wenig üſſe gibt, die über Sand fließen, außer wo ſie ſich er Mündung nähern; wenn ſie aber in dieſem Zu- nd in einigen Strecken ihres Laufs zur unveränderli- n Erhaltung ihrer Bahn geſchickter ſind, ſo rührt ſol- s daher, weil ſich an ſolchen Stellen keine plötzliche uthen einfinden; denn ſelbſt bei ihrer Mündung, wo Wirkung der Winde und die Meereswogen Hinder- ſe entgegenſetzen, wodurch das Waſſer zum Fallen ge- thigt wird, ſind die Veränderungen der Bette beſon-

Vierzehnter Abſchnitt.

Von den Inſeln.

337.

Die Inſeln entſtehen allemal in denjenigen Stro gegenden, wo die Ufer leicht ausgefreſſen we können, und wo eben darum die Breite des Fluſſes ßer wird, als ſie zum Abfluß der Waſſer, welch aufnehmen kann, zu ſein brauchten. Wenn ſich a ner der Stellen, wo die Breite des Fluſſes gar z trächtlich geworden iſt, der Hauptſtrohm in zween a re zertheilt, und wenn ſich dieſe Ströhme an den e gengeſetzten Ufern hinziehen, ſo wird der Boden in Zwiſchenraum, der beide von einander ſcheidet, hö er erhebt ſich ſtufenweis, man ſieht Pflanzen und A me darauf hervorkommen, welche wieder neue Anh rungen verurſachen, und auf ſolche Art entſteht eine I

Es iſt klar, daß, wenn die Hauptufer weit einander entfernt ſind, und der Haupteſtrohm ſich in le andere zertheilt, auf ſolche Art viele Inſeln entſt können. Man kann dieſe Beobachtungen in meh Strohmgegenden der Dürance anſtellen. Die gro Flüſſe zeigen uns oft Inſeln von ſo beträchtlicher Gr daß ſie dem Gedanken an eine allmählige Entſtehung keinen Raum geben; ihre Entſtehung ſchreibt ſich

„ſie die Dauer dieſer Anlage nach der gleichmäßig f „gehenden allmähligen Ausfreſſung der Ufer bis zum „fang des Grundgrabens berechneten.„ Hiſt. nat. mineraux tom. II. pag. 119.

er Zeit her, wo ſolche Flüſſe zu ſtröhmen angefangen aben.

Wir werden noch Gelegenheit finden, von den Inſeln zu reden, wenn wir Vorſchriften zur Beſtimmung er Strohmrichtung ertheilen werden; hier begnügen ir uns mit der bloßen Bemerkung, daß die Bildung er Inſeln hauptſächlich von der Leichtigkeit abhängt, elche die Waſſer finden, ihre Bahn zu ändern. Dies ſt die Urſache, warum ſie in Gegenden, wo dieſer wenig Feſtigkeit haben und der Boden ſehr haltbar , in ſolcher Menge entſtehen; ſie finden ſich auch in oßer Anzahl, wenn die Waſſer Gegenden durchſtröhen, die einen ungleichen Widerſtand entgegenſetzen, es ögen nun die der Bewegung entgegenſtehenden Hinderſſe von der Natur angeordnet ſein, oder nur von zufälen Umſtänden herrühren. Solche Flüſſe alſo, welche i ihrem Urſprung über einen Boden fließen, der hin nd wieder felſicht iſt, werden viele Inſeln erzeugen, auch i der Mündung der Flüſſe müſſen ſolche entſtehen, beſonders wenn ſie fremde Materien in Menge bei ſich führen, wenn ſie Bäume bis dahin mit ſich nehmen, und wenn ufige ſtürmiſche Witterungen oder Ebbe und Fluth die ichtung der letzten Kanäle, welchen die Waſſer folgen nnen, verändern.

Funfzehnter Abſchnitt.

Von den Wirkungen der Wehre und von allen ſonſtigen Hinderniſſen, welche den Lauf der Flüſſe abändern.

338.

Wehre heißen gewöhnlich solche Dämme, welche die Flußbetten gänzlich versperren, und welche dienen, die Wasser zurückzuleiten, um Wässerungsgräben zu unterhalten, oder Mühlen zu betreiben ꝛc. sie werden gemeiniglich ausgemauert. Der erste Erfolg, den sie nach sich ziehen, ist dieser, daß sie die Oberfläche des Wassers von der Stelle an, wo sie aufgeführt werden, rückwärts erhöhen und eine Art von See machen.

Wenn die oberste Fläche des Wehrs wagrecht ist, und die Wasser frei darüber herabschießen, so kann man ohne Schwierigkeit die Entfernung sehr genau bestimmen, bis zu der sich das Wasser zurückstemmt, dafern man nur die mittlere Geschwindigkeit des Wassers über derjenigen Stelle kennt, wo die durch die oberste Fläche des Damms gegen den Strohm gezogene Horizontallinie dem Flußbett begegnet. Wir haben (§. 231.) gesehen, daß die Stemmung selten über diese Stelle hinausgehen könne, und haben den Fall angemerkt, wo sie näher bei dem Wehrdamm bleibt.

Wann die Flüsse Grand und Sand führen, so geschieht es oft, daß die Vertiefung oder die Art von See, welche sich oberhalb dem Wehr ergibt, zum Theil ausgefüllt wird. Es ist klar, daß die Erhöhung des Betts sich niemalen über die Stelle hinaus erstrecken kann, wo die durch die höchste Fläche des Wehrs durchgehende Horizontallinie dem Flußbett begegnet; denn die anschwellenden Wasser behalten, wenn sie an dieser Stelle ankommen, allemal, das Gefälle mag unterwärts beschaffen sein, wie es will, in gleichem Maaße die Eigenschaft, Grand oder Sand mit sich zu führen.

In

In eben dem Maaße, worin ein Flußbett von dem Wehrdamm an rückwärts erhöht wird, muß man auch seine Ufer erhöhen, wenn man Ueberschwemmungen vorbeugen will; denn wenn der Raum F A E (fig. 40.) ausgefüllt wäre, so wäre auf die Länge A F, wo sich das Gefälle verlohren hat, die Höhe der Querschnitte nothwendig größer, als weiter oberwärts, wo das vorhinige Gefälle unverändert bleibt.

339. Man kann die Ausfüllung des aus der oberhalb dem Wehrdamm sich ergebenden Vertiefung entstandenen kleinen Seees leicht verhindern; es wird hierzu nichts weiter erfodert, als daß man längst der ganzen Strecke, so weit das Wasser zurückgestemmt wird, die Ufer in einen solchen Stand setzt, daß sie nicht angegriffen werden können. Wann die Wehre in gehöriger Vollkommenheit aufgeführt und die Ufer so nahe beisammen sind, als es die Beschaffenheit des Flusses gestattet, so nimmt der Boden oberhalb des Wehrdamms eine Gestalt an, die sich nicht mehr ändert, und die Tiefe des oberhalb dem Damm entstandenen Wasserbehälters bleibt immer die nämliche. Es können nämlich die Veränderungen, welche sich dabei ereignen könnten, nur zu Fluthzeiten statt finden. Nun kommen aber die anschwellenden Wasser in die stärkste fallende Bewegung, die sie erhalten können, wenn die Ufer einander möglichst nahe liegen; und wenn sie in dieser Gegend ihres Laufs Kiesel mit sich führen, so müssen sie solche vor sich hintreiben und über den Wehrdamm hinausheben.

Wenn man die nur erwähnte Vorsicht gebraucht, so muß das durch den Wehrdamm entstandene Wasserbehältniß immerfort bestehen. Man kann an vielen

Oertern, was wir hier [illegible] durch Beispiele bestätigt sehen. Dieser Erfolg [illegible] einerlei, welchen die gewöhnlichen Vertiefungen in den Flußbetten an solchen Stellen, wo das Bett in [illegible] enge gezogen worden, ergeben. Aber ganz anders verhält es sich, wenn die Ufer oberhalb dem Wehr zu weit von einander entfernt oder weggerissen worden sind; die Bewegung der Wasser ist alsdann, da sie sich weiter ausbreiten, weniger fallend, und sie setzen die Körper ab, welche sie an solchen Oertern mit sich fortführen konnten, wo sie in höhern Querschnitten vereinigt fortflossen.

340. Nach der jedesmaligen Beschaffenheit des Flußbetts oberhalb einem Wehr sind auch die dabei vorfallenden Erscheinungen sehr verschieden; und Castelli ist eben darum, weil er wesentlich verschiedene Umstände nicht unterschieden hat, in große Irrthümer verfallen. Dieser Schriftsteller hat sich offenbar geirrt, wenn er sagt, das Wasser beschleunige, indem es frei über ein Wehr herabkommt, die Bewegung der oberhalb nachfolgenden. Diese Folgerung ist falsch, es mag der Boden A E F ausgefüllt oder vertieft sein, wie wir schon (§. 234.) gezeigt haben. Eben der Schriftsteller hat behauptet, die Erhöhung, zu der die Wasser bei Fluthzeiten nahe bei den Wehren gelangten, sei ein Beweis, daß die Wasser in einer gewissen Entfernung dem Fluß hinaufwärts noch weit beträchtlicher erhöht sein müßten.

Um zu begreifen, wie dieses statt finden könne, sei N A E (fig. 40.) der Boden eines Flußbetts; M N, B A, D E, die Höhe der Querschnitte. Die mittlere Geschwindigkeit sei wenigstens so groß als diejenige,

jenige, welche der freie Fall von der Höhe der Querſchnitte hervorbringen könnte; wenn man nun den Fluß mittelſt eines Wehrs F E verſperrt, und der Boden F E A ſich ausfüllt, ſo iſt klar, daß die Höhen der Querſchnitte auf der Strecke A F ſtatt abzunehmen größer werden, weil die Waſſer alsdann ihr Gefälle verlieren; man muß alſo die Ufer von A bis E zum wenigſten auf diejenige Höhe erhöhen, welche ſie von N bis A haben, wenn man die Waſſer verhindern will, daß ſie nicht in der Nähe des Wehrs aus dem Flußbett treten.

Es verhält ſich aber anders, wenn der Boden F E A ſich nicht ausfüllt, oder wenn ſich oberhalb eine Vertiefung A P O F befindet, die tiefer iſt, als das ordentliche Flußbett. Zu der Zeit, wann die Waſſer niedrig ſtehen, iſt das Waſſer oberhalb dem Wehr gleichſam todt; zu Fluthzeiten aber, wo die Waſſer ſchnell nach dieſer Vertiefung hinſtröhmen, haben ſie hinlängliche Geſchwindigkeit, um an dem Wehr wieder in die Höhe zu ſteigen. In dieſem Fall kann ihre Oberfläche niedriger liegen, als die Linie [illegible] Waſſerſtelle ausgenommen, wo ſie über [illegible] können nun hinaufſteigen, und ſie erhebt ſich [illegible] erreichen. In dem andern Fall bei weitem nicht ſo hoch, als wenn der Boden ausgeebnet iſt; wenn alſo alle Querſchnitte nach ihrer ganzen Höhe in volle Bewegung kommen, ſelbſt wo ſich die Vertiefung befindet, ſo können geringe Erhöhungen ihrer Oberfläche eine Anzeige von weit beträchtlichern Erhöhungen ſein, die ſich in den obern Gegenden des Strohmbetts äußern. Man wundert ſich hierüber nur darum, weil man ungerne vorausſetzt, daß, wenn die Vertiefung vorhanden iſt, der Abfluß der Waſſer eben ſo erfolgen müſſe, als wenn

der

der Boden F E A ausgeebnet wäre; dieſes iſt aber ſehr falſch. Wenn in P die Geſchwindigkeit die nämliche iſt wie in N, ſo kann die Höhe des Querſchnitts in P die des Querſchnitts in N nicht übertreffen.

341. Die Aufwürfe, welche man gemeiniglich bei der Mündung der Flüſſe antrifft, haben eben den Erfolg wie die Wehre. Oberhalb dieſen Aufwürfen entſtehen faſt allemal tiefe Aushöhlungen; es ſind daher in dieſem Fall zu Fluthzeiten die Ueberſchwemmungen nicht ſo häufig, und die Waſſerhöhe an der Mündung der Flüſſe nicht ſo beträchtlich, als in den obern Gegenden des Strohms. Dieſes rührt daher, weil die Waſſer zu Fluthzeiten, in der Gegend der Mündung in jeder Tiefe eines Querſchnitts fortſtröhmen; und ſie können nicht aus ihrem Bett treten, weil es hoch genug iſt, um alle die beifließenden Waſſer zu faſſen.

„Die Ueberſchwemmungen, ſagt Hr. v. Büffon, „ſind gemeiniglich in den obern Gegenden der Flüſſe gröſſer, als in denen, welche weiter unterwärts und gegen „die Mündung hin liegen, weil, alles übrige gleich angenommen, die Geſchwindigkeit eines Fluſſes immer deſto gröſſer wird, je näher er dem Meer kommt; und „obgleich das Gefälle nach der Mündung hin immer geringer wird, ſo wird doch die Geſchwindigkeit aus denen von uns angeführten Urſachen immer gröſſer. 1) „Der P. Caſtelli, welcher ſehr gründlich hiervon geſchrieben hat, macht die ſehr gute Bemerkung, daß „die

1) Die Urſachen dieſer groſſen Geſchwindigkeit ſind nach dem Hrn. v. Büffon die ſchon erlangte Geſchwindigkeit, die bewegende Kraft und das Gewicht der obern Waſſer.

„die Höhe der Dämme, welche man gegen die Austre-
„tung des Posflusses angelegt hat, bis zu dem Meer hin
„immerfort abnehmen, so daß zu Ferrara, etwa 50 bis
„60 Meilen von dem Meer, die Dämme gegen 20
„Fuß über die gewöhnliche Oberfläche des Posflusses er-
„haben sind, da hingegen weiter hinab, 10 bis 12
„Meilen weit vom Meer, solche nicht 12 Fuß hoch sind,
„obgleich das Flußbett in dieser Gegend eben so enge ist,
„wie zu Ferrara.„ Theorie de la terre, tom. II. pag. 65.

Wir haben schon angemerkt, daß es ein Irrthum war, zu glauben, die Geschwindigkeit der Flüsse werde allemal bis zu dem Meer hin immerfort größer, und daß man die Beschaffenheit des Strohms unterhalb des Aufwurfs, welcher gewöhnlich bei der Mündung der Flüsse angetroffen wird, von desselben Beschaffenheit oberhalb dem Aufwurf sorgfältig unterscheiden müsse.

Wir haben auch (§. 130.) gezeigt, daß die Wasser bei der Mündung nicht von den Wassern in dem obern Theil des Strohms gedruckt werden können. Es wird also die vom Hrn. v. Büffon angeführte Beobachtung nach dem Castelli nicht richtig erklärt; man müßte sich wundern, wenn die Tiefe des Posflusses da, wo die Dämme nur 10 Fuß hoch über seine Oberfläche erhaben sind, nicht beträchtlicher wäre, als an denen Orten, wo man, um Ueberschwemmungen zu verhüten, den Dämmen eine Höhe von 20 Fußen geben muß. Dieses ist aber unmöglich; und diese Beobachtung würde das Wunderbare verlohren haben, wenn Castelli zugleich die Tiefen des Posflusses an denen mit einander verglichenen Stellen angezeigt hätte, denn zuverläßig sind solche

deſto beträchtlicher, je näher der Fluß ſeiner Mündung kommt.

Zu Beaucaire tritt die Rhone, ohngeachtet derer gegen ihre Austretung aufgeführten Dämme leichter aus ihrem Bett, als zu Arles, wo dieſer Fluß keine andern Ufer hat, als die er ſich ſelbſt gemacht hat. Es folgt hieraus nicht, daß die Geſchwindigkeit des Strohms zu Arles größer ſei als zu Beaucaire. Ich habe bei niedrigem Waſſer die Geſchwindigkeit des ſtärkſten Strohms an jeder dieſer beiden Städte gemeſſen. Zu Beaucaire betrug dieſe Geſchwindigkeit beinahe 8 Fuß in einer Sekunde, da die zu Arles nur $4\frac{1}{2}$ Fuß betrug. Ich zweifle nicht, daß zur Zeit ſtarker Fluthen die Geſchwindigkeit zu Beaucaire allemal größer iſt; aber die Rhone tritt bei Arles nicht ſo leicht aus ihrem Bett, weil ſolches daſelbſt weit tiefer iſt als zu Beaucaire, ſelbſt zu der Zeit, wann die Waſſer bei dieſer leztern Stadt ihre größte Höhe erreichen.

342. Wenn man befürchtet, es möchte ſich die Stauung des Waſſers zu weit ausbreiten, und die Vertiefungen, welche man oberhalb den Wehren erhält, ſich ausfüllen und auf ſolche Art Ueberſchwemmungen entſtehen, ſo macht man die Wehre nicht durchaus nach der ganzen Breite der Flüſſe gleich hoch. Bei niedrigem Waſſerſtand bringt man Schutzwände an, um das Waſſer auf die verlangte Höhe zu ſtemmen.

343. Wenn man Brücken baut, ſo werden gemeiniglich die Flüſſe beträchtlich enger zuſammengetrieben, und es hat alsdann ſeinen Nutzen, wenn man weiß, bis zu welcher Höhe die Oberfläche des Waſſers durch die Pfeiler zu ſteigen genöthigt wird.

Wenn das Waſſer unterhalb der Brücke einen freien
fall hätte, und wenn man zu Fluthzeiten die Breite,
ihe und mittlere Geſchwindigkeit des Fluſſes an der
telle wüßte, wo die Brücke erbaut werden ſoll, ſo
nnte man ziemlich genau durch die Theorie die Höhe
timmen, zu der das Waſſer oberhalb der Brücke durch
Brückenbogen geſtemmt würde; aber das Waſſer
unter den Bogen keinen völlig freien Fall, und es
unmöglich, die mittlere Geſchwindigkeit eines Fluſſes
Fluthzeiten zu beſtimmen. Man thut alsdenn am
ten, wenn man den Fluß an ſolchen Stellen unter-
ht, wo er ſchon von Natur ſo enge iſt, als er es durch
n Brückenbau werden muß; man entgeht alsdenn der
fahr, beträchtlich von der Wahrheit abzuweichen, und
Beobachtung führt ſicherer als die Rechnung.

344. Je mehr ſich die Breite der Bogen des
ſſes nähert, deſto weniger werden offenbar die Waſ-
oberhalb der Brücke erhöht. Es verſchwindet dieſe
höhung völlig, wenn die Weite der Bogen der Brei-
des Fluſſes ober- und unterhalb denſelben gleich iſt.
e Höhe der Waſſer muß endlich unter der Brücke ſo-
abnehmen, wenn die Weite der Bogen größer iſt,
die Breite des Fluſſes oberhalb der Brücke.

345. Wenn man durch Verminderung der Breite
Flüſſe oder der Betten die Waſſer nöthigt, höher zu
gen, ſo erhält man den entgegengeſetzten Erfolg, wenn
n die Ufer einreißt, und dadurch die Breite der Flüſ-
der der Betten vergrößert.

Die Grundſätze, welche ſich auf die Abzapfung
Fortführung der Waſſer beziehen, ſind denen, wo-
) die Oberfläche der Waſſer erhöht wird, grade ent-
gegen-

gegengeſetzt; nur bei einerlei Gefälle iſt die Höhe des Waſſers in Ableitungskanälen größer, als ſie ſein ſollte, weil die entgegenſtehenden Hinderniſſe und Reibungen eine deſto beträchtlichere Wirkung haben, je geringer die Waſſermaſſe iſt.

Soll die Wirkung der Abzapfung bemerkt werden können, ſo muß der Ableitungskanal eine in Vergleichung mit dem Flußbett beträchtliche Größe haben.

346. Obgleich die Geſchwindigkeit großer Ströhme bei Fluthzeiten öfters ſehr beträchtlich iſt, ſo iſt ſie doch bei weitem nicht derjenigen gleich, welche durch den freien Fall von der Höhe der Querſchnitte hervorgebracht werden könnte. Offenbar alſo erniedrigt man die Oberfläche des Waſſers um ſo viel mehr, je näher man ſeine Bewegung einem freien Fall bringt.

Die Rhone wird unterhalb Taraſcon außer ihren ordentlichen Ufern zwiſchen aufgeführten Dämmen fortgeleitet. Man hat mich verſichert, daß, als ihre Waſſer außerordentlich hoch geſtiegen, und die Stadt in Gefahr geſetzt worden ſei, überſchwemmt zu werden, Bauern heimlicherweiſe kleine Oefnungen in die Dämme gemacht haben. Die Waſſer erweiterten dieſe Oefnungen ſehr ſchnell, und richteten die Chauſſéen auf beträchtliche Strecken zu Grund; ihr Abfluß wurde dadurch freier, und ihre Höhe wurde dem Strohm hinaufwärts geringer. Die Stadt wurde hierdurch geſichert, oder wenigſtens die Gefahr, der ſie ausgeſetzt war, vermindert; aber freilich geſchahe dieſes auf Unkoſten der Ländereien von Arles, die dadurch nothwendig überſchwemmt wurden.

Sechzehnter Abschnitt.

Von der Mündung der Flüsse.

347.

Die großen Flüsse zeigen schon viel eher, als sie zu ihrer Mündung kommen, keine Kiesel mehr. Denn sie zuweilen da, wo sie im Begriff sind, mit dem Meereswasser sich zu vermischen, über dergleichen Marien wegfließen, so hat man solche Grundsteine als den natürlichen Boden dieser Flüsse zu betrachten, nicht aber als Körper, welche sie beigeführt hätten. Diese Körper würden unstreitig an der Mündung der Flüsse öfters ihr vervielfältigt werden, wenn ihre Fortführung lediglich von der Geschwindigkeit der Wasser abhienge, wie man bisher noch immer geglaubt hatte; aber dieser Satz läßt sich nicht annehmen. Gulielmini, der solchen aufgestellt hatte, konnte ihn mit den wirklichen Erscheinungen nicht anders vereinigen, als dadurch, daß er annahm, die Kiesel würden allemal, bevor sie zur Mündung der Flüsse kämen, in Sand aufgelößt.

Der P. Frisi, welcher die Vorstellung des Gulielmini von der Zertrümmerung der Kiesel verwarf, gab zu, daß die Flüsse bei der Mündung dergleichen mit sich führen würden, wenn die Wasser nicht in dem obern Theil ihres Betts eine Geschwindigkeit verlohren hätten, welche erfoderlich gewesen wäre, dergleichen bis dahin fortzuführen; aber diese Voraussetzung ist ganz unstatthaft. Es gibt ohnstreitig viele Flüsse, welche nahe bei ihrer Mündung eine große Geschwindigkeit haben; aber allemal ist ihre Geschwindigkeit in den obern Gegenden

deſto beträchtlicher, je näher der Fluß ſeiner Mündung kommt.

Zu Beaucaire tritt die Rhone, ohngeachtet derer gegen ihre Austretung aufgeführten Dämme leichter aus ihrem Bett, als zu Arles, wo dieſer Fluß keine andern Ufer hat, als die er ſich ſelbſt gemacht hat. Es folgt hieraus nicht, daß die Geſchwindigkeit des Strohms zu Arles größer ſei als zu Beaucaire. Ich habe bei niedrigem Waſſer die Geſchwindigkeit des ſtärkſten Strohms an jeder dieſer beiden Städte gemeſſen. Zu Beaucaire betrug dieſe Geſchwindigkeit beinahe 8 Fuß in einer Sekunde, da die zu Arles nur $4\frac{1}{2}$ Fuß betrug. Ich zweifle nicht, daß zur Zeit ſtarker Fluthen die Geſchwindigkeit zu Beaucaire allemal größer iſt; aber die Rhone tritt bei Arles nicht ſo leicht aus ihrem Bett, weil ſolches daſelbſt weit tiefer iſt als zu Beaucaire, ſelbſt zu der Zeit, wann die Waſſer bei dieſer letztern Stadt ihre größte Höhe erreichen.

342. Wenn man befürchtet, es möchte ſich die Stauung des Waſſers zu weit ausbreiten, und die Vertiefungen, welche man oberhalb den Wehren erhält, ſich ausfüllen und auf ſolche Art Ueberſchwemmungen entſtehen, ſo macht man die Wehre nicht durchaus nach der ganzen Breite der Flüſſe gleich hoch. Bei niedrigem Waſſerſtand bringt man Schutzwände an, um das Waſſer auf die verlangte Höhe zu ſtemmen.

343. Wenn man Brücken baut, ſo werden gemeiniglich die Flüſſe beträchtlich enger zuſammengetrieben, und es hat alsdann ſeinen Nutzen, wenn man weiß, bis zu welcher Höhe die Oberfläche des Waſſers durch die Pfeiler zu ſteigen genöthigt wird.

Wenn das Waſſer unterhalb der Brücke einen freien
bfall hätte, und wenn man zu Fluthzeiten die Breite,
öhe und mittlere Geſchwindigkeit des Fluſſes an der
telle wüßte, wo die Brücke erbaut werden ſoll, ſo
nnte man ziemlich genau durch die Theorie die Höhe
eſtimmen, zu der das Waſſer oberhalb der Brücke durch
ie Brückenbogen geſtemmt würde; aber das Waſſer
at unter den Bogen keinen völlig freien Fall, und es
t unmöglich, die mittlere Geſchwindigkeit eines Fluſſes
i Fluthzeiten zu beſtimmen. Man thut alsdenn am
ſten, wenn man den Fluß an ſolchen Stellen unter-
cht, wo er ſchon von Natur ſo enge iſt, als er es durch
n Brückenbau werden muß; man entgeht alsdenn der
efahr, beträchtlich von der Wahrheit abzuweichen, und
e Beobachtung führt ſicherer als die Rechnung.

344. Je mehr ſich die Breite der Bogen des
luſſes nähert, deſto weniger werden offenbar die Waſ-
: oberhalb der Brücke erhöht. Es verſchwindet dieſe
rhöhung völlig, wenn die Weite der Bogen der Brei-
des Fluſſes ober- und unterhalb denſelben gleich iſt.
ie Höhe der Waſſer muß endlich unter der Brücke ſo-
r abnehmen, wenn die Weite der Bogen größer iſt,
s die Breite des Fluſſes oberhalb der Brücke.

345. Wenn man durch Verminderung der Breite
r Flüſſe oder der Betten die Waſſer nöthigt, höher zu
igen, ſo erhält man den entgegengeſetzten Erfolg, wenn
an die Ufer einreißt, und dadurch die Breite der Flüſ-
oder der Betten vergrößert.

Die Grundſätze, welche ſich auf die Abzapfung
d Fortführung der Waſſer beziehen, ſind denen, wo-
ch die Oberfläche der Waſſer erhöht wird, grade ent-

gegen-

gegengesetzt; nur bei einerlei Gefälle ist die Höhe des Wassers in Ableitungskanälen größer, als sie sein sollte, weil die entgegenstehenden Hindernisse und Reibungen eine desto beträchtlichere Wirkung haben, je geringer die Wassermasse ist.

Soll die Wirkung der Abzapfung bemerkt werden können, so muß der Ableitungskanal eine in Vergleichung mit dem Flußbett beträchtliche Größe haben.

346. Obgleich die Geschwindigkeit großer Ströhme bei Fluthzeiten öfters sehr beträchtlich ist, so ist sie doch bei weitem nicht derjenigen gleich, welche durch den freien Fall von der Höhe der Querschnitte hervorgebracht werden könnte. Offenbar also erniedrigt man die Oberfläche des Wassers um so viel mehr, je näher man seine Bewegung einem freien Fall bringt.

Die Rhone wird unterhalb Tarascon außer ihren ordentlichen Ufern zwischen aufgeführten Dämmen fortgeleitet. Man hat mich versichert, daß, als ihre Wasser außerordentlich hoch gestiegen, und die Stadt in Gefahr gesetzt worden sei, überschwemmt zu werden, Bauern heimlicherweise kleine Oefnungen in die Dämme gemacht haben. Die Wasser erweiterten diese Oefnungen sehr schnell, und richteten die Chausséen auf beträchtliche Strecken zu Grund; ihr Abfluß wurde dadurch freier, und ihre Höhe wurde dem Strohm hinaufwärts geringer. Die Stadt wurde hierdurch gesichert, oder wenigstens die Gefahr, der sie ausgesetzt war, vermindert; aber freilich geschahe dieses auf Unkosten der Ländereien von Arles, die dadurch nothwendig überschwemmt wurden.

Sechzehnter Abſchnitt.

Von der Mündung der Flüſſe.

347.

Die großen Flüſſe zeigen ſchon viel eher, als ſie zu ihrer Mündung kommen, keine Kieſel mehr. Wenn ſie zuweilen da, wo ſie im Begriff ſind, mit dem Meereswaſſer ſich zu vermiſchen, über dergleichen Marien wegfließen, ſo hat man ſolche Grundſteine als den natürlichen Boden dieſer Flüſſe zu betrachten, nicht aber als Körper, welche ſie beigeführt hätten. Dieſe Körper würden unſtreitig an der Mündung der Flüſſe öfters ihr vervielfältigt werden, wenn ihre Fortführung lediglich von der Geſchwindigkeit der Waſſer abhienge, wie man bisher noch immer geglaubt hatte; aber dieſer Satz läßt ſich nicht annehmen. Gulielmini, der ſolchen aufgeſtellt hatte, konnte ihn mit den wirklichen Erſcheinungen nicht anders vereinigen, als dadurch, daß er annahm, die Kieſel würden allemal, bevor ſie zur Mündung der Flüſſe kämen, in Sand aufgelößt.

Der P. Friſi, welcher die Vorſtellung des Gulielmini von der Zertrümmerung der Kieſel verwarf, gab an, daß die Flüſſe bei der Mündung dergleichen mit ſich führen würden, wenn die Waſſer nicht in dem obern Theil ihres Betts eine Geſchwindigkeit verlohren hätten, welche erfoderlich geweſen wäre, dergleichen bis dahin fortzuführen; aber dieſe Vorausſetzung iſt ganz unſtatthaft. Es gibt ohnſtreitig viele Flüſſe, welche nahe bei ihrer Mündung eine große Geſchwindigkeit haben; aber allemal iſt ihre Geſchwindigkeit in den obern Gegenden

gewöhnlich nur durch eine kleine Oefnung ab, und bilden einen engen Kanal, welcher auf eine kleine Strecke zwei bis drei Fuße Gefälle hat; dieſes iſt die Urſache, daß ſie mit einer ſehr großen Geſchwindigkeit fortfließen, wann ſich das Meer zurückgezogen hat, und man könte ſich ihrer bedienen, Mühlen zu betreiben, wenn nicht die Lage ihres Betts zuweilen Veränderungen unterworfen wäre.

351. Die Aufwürfe, welche faſt bei allen Flüſſen an der Mündung entſtehen, haben grade die nämlichen Folgen, wie die ordentlichen Dämme; oberhalb zeigen ſie eine Vertiefung, und abwärts verſtatten ſie dem Waſſer einen Fall. Man ſieht auch, daß die Stelle, wo die Bewegung der Waſſer beſchleunigt zu werden anfängt, noch auf die andere Seite des Aufwurfs fällt. Wenn man alſo in allen Büchern, welche über die Flüſſe geſchrieben worden ſind, behauptet hat, ihre Geſchwindigkeit werde um ſo viel größer, je näher ſie der Mündung kommen, ſo hat man ſich offenbar geirrt, weil man den Zuſtand der Waſſer oberhalb den Aufwürfen nicht von dem unterſchieden hat, worin ſie ſich befinden, indem ſie über ſolche wegſchießen, und wenn ſie ſchon wirklich über ſolche herabgeſchoſſen ſind. In jenem Fall iſt ihre mittlere Geſchwindigkeit, je nachdem ihr Bett oder die darin befindliche Aushöhlung tiefer iſt, weit geringer als in dieſem, wo die Höhe der Querſchnitte geringer und das Gefälle auf eine kleine Strecke ziemlich beträchtlich iſt.

Es iſt klar, daß die Waſſer unterhalb dem Aufwurf einen deſto freiern Fall haben, je höher derſelbe iſt, und je feſter die Materien ſind, woraus er beſteht. Was die Geſchwindigkeit der Waſſer betrifft, ſo ſieht man, daß

emmen, ihre Tiefe vermindern, ſie öfters zur Schiffahrt ungeſchickt machen, ſie ihres Anſehens berauben, und dadurch, daß ſie die Flüſſe durch unendlich viele Ausgänge abzufließen nöthigen, ſolche dahin bringen, daß ſie ihren Lauf auf eben die Art endigen, wie ſie ihn angefangen haben. Ihre vielfachen Mündungen gleichen den einzelnen Bächen und beiſtröhmenden Waſſern, woraus die Flüſſe entſtanden.

349. Die Rhone iſt ohnſtreitig ein ſehr reißender Fluß; ſie leidet plötzliche und beträchtliche Anſchwellungen, und führt eine ſo große Menge Sand und Schlamm bis zu ihrer Mündung, daß ſie das Meer nöthigt, ſich mit ſeinen Ufern merklich zurückzuziehen; aber die mitgeführten Materien, welche ſie bei ihrer Mündung ausbirft, unterbrechen, indem ſie vom Meer zurückgeworfen werden, ihren Lauf öfters dergeſtalt, daß er für die Schiffahrt ſehr gefährlich und zuweilen auf einige Zeit ganz unſchiffbar wird.

350. Je kleiner die Waſſermaſſe iſt, welche ein Fluß fortführt, deſto beträchtlicher wird der Aufwurf, welcher durch die Wirkung einer ſtürmiſchen Witterung verurſacht wird, erhöht, und folglich der erfolgende Fall der Waſſer deſto beträchtlicher.

Der Loup 1) fällt bei Antibes über einen aus abgewälzten Kieſeln beſtehenden Boden ins Meer. Wenn auf dieſer Küſte heftige Oſtwinde herrſchen, ſo häufen die Wellen an der Mündung des Fluſſes ſehr große Kieſelmaſſen zuſammen, ſo daß ſein Lauf faſt auf ſeine ganze Breite gleichſam verſperrt iſt; ſeine Waſſer fließen gewöhn-

1) Namen eines ziemlich beträchtlichen Fluſſes.

ſten erhebt, vorzüglich wenn es durch Stürme in heftige Bewegung gebracht wird, führt gleichfalls Sand und Grandſteine bei, wenn ſich dergleichen auf ſeinem Boden befinden, und beſonders wenn der Boden in einer geringen Tiefe liegt.

354. Man ſieht leicht, daß die Umſtände, welche am vortheilhafteſten ſind, die Entſtehung der Aufwürfe zu verhindern, darin beſtehen, daß die Flüſſe wenig Sand mit ſich führen, daß ihr Strohm mehr Tiefe als Breite habe, und endlich, welches die Haupterforderniß iſt, daß das Meer bei der Mündung eine beträchtliche Tiefe habe, und ſein Boden aus Materien beſtehe, die ſeine Waſſer nicht leicht aus ihrer Stelle bringen können. Dieſe letztern Umſtände ſind die allervortheilhafteſten, weil ſie bloß ein Werk der Natur ſein können. Wenn die Charente und mehrere Flüſſe von mittlerer Größe Linienſchiffen einen freien Eingang verſtatten, ſo rührt ſolches daher, weil ſie in ein tiefes Meer treten, welches ihre Anhägerungen nicht ausfüllen können, da hingegen ſehr beträchtliche Flüſſe an ihrer Mündung kaum kleine Schiffe annehmen, wenn ſich dieſelben in Meeresufern verliehren, wo das Meer eine geringe Tiefe hat. Ich will von angeſchwemmten Aufwürfen, die bei der Mündung der meiſten großen Flüſſe, welche ſich in das Weltmeer ergießen, angetroffen werden, und zugleich von ihren Wirkungen einige Beiſpiele herſetzen.

Der Orenoque ergießt ſich durch mehr als funfzig Mündungen ins Meer. Bei jeder macht ſie einen Fall, ſo daß ihre Waſſer daſelbſt in einen ungeſtümmen Schuß gerathen. „Der Schiffer, welcher dieſen Fluß zuerſt

„kennen lernte, 1) nennte diejenige von seinen Mün„dungen, welche unter allen die engste ist, den Dra„chen; sie ist so gefährlich, daß man bei jeder Welle, „die sich erhebt, Gefahr lauft, Schiffbruch zu leiden. „Im Jahr 1535, 37 Jahr nach dieser ersten Ent„deckung, wollte Diego von Ordas in die Mündungen „von Orenoque einfahren; aber mit allen seinen Bemü„hungen richtete er am Ende nichts weiter aus, als daß „er einen Theil seiner Schiffe und seines Reisegeräthes „einbüßte. Der schlimme Erfolg dieser Unternehmung „schreckte den Herrera so wenig ab, daß er ihn vielmehr „noch stärker anfeuerte; mit voller Hitze fuhr er in den „Eingang dieser Mündungen ꝛc.„ Hist. de l'Orenoque pag. 12. 32. 33.

„In den Meerbusen, welche die Küste von Pana„ma bis an die Spitze von Santa Helena macht, ins„besondere in solchen, worin sich Mündungen von Flüs„sen befinden, ist es wegen vorhandener Untiefen ge„fährlich, zuweit ans Land vorzufahren.„ Voyages au Perou de Don George-Juan, tom. I. pag. 139.

„Ein wenig unter Neu-Orleans fangen die Ländereien zu beiden Seiten des Mississipi an, eine geringe „Tiefe zu bekommen, die bis zu den Meer hin immer „geringer wird. Dieses ist eine Erdspitze, die nicht alt „zu sein scheint, denn so wenig man auch ausgräbt, so „trifft man allemal Wasser an; und die Menge seichter „Plätze und kleiner Inseln, welche man seit zwanzig „Jahren an der Mündung des Flusses hat entstehen ge„sehen, lassen keinen Zweifel übrig, daß diese Erdzun-

1) Christoph Kolomb.

„ge auf gleiche Weiſe entſtanden ſei. Wann Hr. de la „Salle dem Miſſiſſipi hinab bis ins Meer fuhr, ſo „ſcheint es gewiß zu ſein, daß die Mündung dieſes Fluſ„ſes damals nicht ſo beſchaffen war, wie man ſie in jetzi„gen Zeiten findet.„

„Je mehr man ſich dem Meer nähert, deſto mehr „fällt das Geſagte in die Augen; in dem größten Theil „der kleinen Ausgänge, welche ſich der Fluß eröfnet hat, „und die ſich durch nichts ſo ſehr vervielfältigt haben, als „durch Bäume, welche der Strohm mit ſich fortgeriſ„ſen hat, und wovon ein einziger, der mit ſeinen Aeſten „oder Wurzeln irgendwo in einer ſeichten Stelle hängen „bleibt, tauſend andere in ihrer Bewegung hemmt, hat „der angeſchwemmte Aufwurf beinahe gar kein Waſſer. „Ich habe von dergleichen zuſammengeſchwemmten „Bäumen Haufen angetroffen, wovon ein einziger alle „Bauplätze in Paris angefüllt haben würde; nichts iſt „alsdann vermögend, ſolche loszureiſen; der Schlamm, „welchen der Fluß mit ſich führt, dient ihnen ſtatt des „Mörtels und bedeckt ſie nach und nach; jede Ueber„ſchwemmung läßt eine neue Schichte zurück, und läng„ſtens nach 10 Jahren fängt Schilf und kleines Ge„ſträuch darauf zu wachſen an. Auf dieſe Art entſtehen „die meiſten Erdſpitzen und Inſeln, welche ſo oft die „Urſache ſind, daß Flüſſe ihren Lauf verändern.„ Hiſtoire de la Nouvelle France du P. Charlevoix, tom. III. pag. 440.

„Wir befanden uns nicht lange nachher mitten un„ter den Seitenausgängen des Miſſiſſipi. Hier muß „man ſehr ſorgfältig zu Werk gehen, um nicht in ir„gend einen hineingezogen zu werden, da es bei„nahe unmöglich ſein würde, ſich wieder heraus zu ar„beiten;

„heiten; größtentheils ſind es nur geringe Bäche, und „einige werden ſogar nur durch die Höhe des Bodens „beinahe dem Waſſer gleich abgeſchnitten. Der ange„ſchwemmte Aufwurf des Miſſiſſipi iſt die Urſache von „der ſo ſtarken Vervielfältigung ſolcher Seitenausgänge; „denn bei der erwähnten Art, wonach täglich neue An„hägerungen erfolgen, läßt ſich leicht begreifen, wie ein „Fluß, der da, wo er den geringſten Widerſtand findet, „ſeinen Ausweg ſucht, ſich bald auf der einen bald auf „der andern Seite einen Ausgang macht; es könnte ſich „daher ereignen, daß keiner dieſer Ausgänge, wenn man „ſich nicht dabei in Acht nähme, zur Schiffahrt gebraucht „werden könnte.„ Ebendaſ. pag. 442.

„Die Mündung des Senegals iſt eine halbe Mei„le breit; aber ſie iſt durch einen Aufwurf oder durch „eine Bank verdeckt, welche aus der großen Menge „Sandes, welche der Fluß dahin geführt und die Mee„resfluth zurückgeſchlagen hat, entſtanden iſt. In den „Eingang dieſes Fluſſes könnte man gar nicht kommen, „wenn nicht die Gewalt ſeines Strohms und die der „Meeresfluth zween Durchgänge eröfnet hätten, wovon „der breiſte gewöhnlich 150 bis 200 Lachter breit und „2 Lachter tief iſt .... Dieſe zwo Oefnungen verändern „ihre Lage alle Jahr .... Wann man den ange„ſchwemmten Aufwurf dorüber gekommen iſt, ſo findet „man einen Fluß von anſehnlicher Breite, deſſen Waſ„ſer ſehr helle und ſpiegelglatt fortfließen, und von dem „Strohm eben ſo viel Vergnügen verſprechen, als ſie „beim Eingang in denſelben Schwierigkeiten fürchten „laſſen. Seine Tiefe ſteigt von 18 bis zu 25 Fuß.„ Hiſtoire des voyages, tom. II. pag. 448.

„Quer durch die Mündung des Gambräfluſſes zieht „ſich eine Art von Aufwurf. Die Meeresfluth ſteigt „zur trocknen Jahreszeit auf 200 Meilen zurück . . . . „Bei Regenwetter ſchwillt das Waſſer 30 Fuß hoch an; „man findet alsdann in den ſonſtigen Untiefen gar keine „Hinderniſſe.„ ebendaſ. tom. III. pag. 9. 36.

Siebzehnter Abſchnitt.

Von der beſten Art, Bäche und Flüſſe in einer verlangten Bahn zu führen.

355.

Man kann verſchiedene Urſachen haben, den Lauf der Flüſſe abzuändern. Wenn ſolche zu reißend wären, und man wollte ſie ſchiffbar machen, ſo müßte man ihnen einen längern Weg vorſchreiben und hierdurch ihr Gefälle vermindern, um ihre Geſchwindigkeit möglichſt zu ſchwächen. Man würde alsdann nicht auf die üblen Folgen ſehen, welche die neue Richtung des Strohms für die bleibende Lage des Betts haben könnte, und man würde dem einmal vorgeſetzten Zweck alles übrige aufopfern. Man würde eine ähnliche Leitung vornehmen, wenn man die Abſicht hätte, die Mündung eines Fluſſes oder eines Hafens zu entfernen, damit die Strohmwaſſer in Fluthzeiten keine fremde mit ſich fortgeriſſenen Stoffe darin abſetzen ꝛc.

356. Wenn man aber bei der Leitung eines Fluſſes keine andere Abſicht hätte, als den Verwüſtungen, die er verurſachen kann, vorzubeugen, oder ſie doch zu mäßigen, ſo hätte man wichtige Regeln zu befolgen.

Aus

Aus dieſem Geſichtspunkt werden die Flüſſe ſo angeſehen, als ob die Waſſer, welche ſie beiführen, niemalen mit einigem Nutzen und oft noch mit Gefahr verbunden wären. Man muß alſo unter den verſchiedenen Richtungen, welche man ihnen geben kann, diejenige wählen, welche ihnen einen hurtigern Lauf verſpricht. Dadurch, daß man ihrem Bett das größtmögliche Gefälle verſchafft, erhält man zugleich die größtmögliche Geſchwindigkeit der Waſſer. Dieſes leitet alſo auf die Vorſchrift, daß man die Flüſſe nach einer graden Linie leiten ſolle.

Es iſt nicht genug, die Richtung zu kennen, welche den Waſſern die größte Geſchwindigkeit verſpricht, ſondern es iſt auch vorzüglich nöthig, die Richtung zu kennen, bei der die Ufer weniger angegriffen werden, und die Lage des Betts weniger Veränderung ausgeſetzt iſt. Dieſer Bedingung thut aber auch die Richtung ein Genüge, welche nach einer graden Linie geführt wird.

Der Platz, welchen ein Fluß einnimmt, iſt als völlig verlohren anzuſehen, und er iſt deſto größer, je mehr Krümmungen der Fluß in ſeinem Lauf macht. Man kann alſo dadurch, daß man die Flüſſe in grader Richtung führt, vieles nutzbare Ackerland gewinnen.

Man hat Aufwand und Sorgfalt nöthig, um die bleibende Lage eines Fluſſes zu erhalten; man hat aber niemalen wenigere Stellen gegen einen Angriff zu ſchützen, als wenn die Richtung einförmig iſt, und niemalen iſt es auch leichter, die Ufer in hinlängliche Sicherheit zu ſetzen.

In einem Fluß, der viele Wendungen macht, iſt der Boden des Betts nothwendig ſehr ungleich; an den Stellen, wo er ſich wendet, iſt der Boden ausgehöhlt,

höhlt, 1) und in denen dazwiſchen liegenden Strecken erhaben; die Waſſer werden unabläßig genöthigt, ihre Rich-

1) Nach Hrn. von Büat „beweißt die Erfahrung, daß, „wenn das Waſſer ſelbſt an der Abrundung eines Bugs „viele Jahre lang gearbeitet hat, alles ſich alsdenn dabei „ſo ordnet, daß durch gewiſſe gegenſeitige Wirkungen, „und nach gewiſſen Geſetzen, welche ſehr wohl dabei beobachtet werden, ſolcher Bug in einen Stand kommt, „worin er keine merkliche Veränderung mehr leidet. Die „hierzu nothwendig erfoderliche Bedingungen enthält „nachfolgenden Satz.„

„Wenn das Bett eines Fluſſes bei der Abrundung „eines Bugs eine bleibende Lage behalten ſoll, ſo wird „erfodert, I) daß das Waſſer daſelbſt tiefer als anderswo ſei; II) daß der Zug des Strohms aus der Mitte „des Betts, nachdem er gegen den Damm oder gegen „das konkav ausgerundete Ufer angeprellt hat, unter eben „dem Winkel in die Mittellinie des Bets unterhalb dem „Bug zurückprelle; III) daß der Anprellungswinkel der „Feſtigkeit des Erdreichs gemäß ſei; IV) daß ſich bei „dieſem Bug das Gefälle vergrößere, oder daß der Stoß „ſtark genug ſei, den Widerſtand des Bugs zu überwinden.„ Da das Anſehen des Hrn. v. Büat einen ſehr ſtarken Eindruck machen könnte, ſo kann ich mich nicht enthalten, über die von ihm angenommenen Grundſätze verſchiedene Bemerkungen zu machen, weil ſolche für diejenigen, welche ſie mit völligem Vertrauen bei Flüſſen, die in bergichten Gegenden fließen, annehmen, traurig ſein würden. Wenn die Rede von dergleichen Flüſſen iſt, wie die Seine, die Marne, die Saone ꝛc. die ein ſehr ſchwaches Gefälle und einen ſehr langſamen Gang haben, ſo hat man beinahe nichts von ihrer Gewalt zu fürchten. Man kann ſie als große Abzugsgräben anſehen; ſie vertragen alle Ungleichheiten, denen man

richtung zu ändern; sie sind gleichsam versperrt; sie
ossen abwechselnd mit Gewalt gegen beide Ufer, und
s ist unmöglich, daß sie an so viele verschiedene Stellen
llten anprellen können, ohne schwache anzutreffen, über
die

man sie unterwirft; sie verändern ihr Bett nicht, und die Ufer leisten bei mittelmäßiger Haltbarkeit beständigen Widerstand. Ganz anders aber verhält es sich bei schnellen Flüssen. Wenn die Wasser auf Gegenstände stoßen, die ihnen hinderlich sind, so ist zu deren Unveränderlichkeit nöthig, daß sie hinlänglichen Widerstand leisten können. Wenn das Gebirg, woraus die Ufer bestehen, durch den graden Anstoß der Wasser ausgefressen werden kann, so können sie bei den Bügen zu Fluthzeiten niemalen ohne Veränderung bleiben. Wenn man in diesem Fall dem Lauf eines Flusses Beständigkeit verschaffen will, so muß man die Ufer, welche vom Wasser angegriffen werden, gegen solches durch die Kunst beschützen und seiner Gewalt entziehen. Alle, welche schnelle Flüsse mit Aufmerksamkeit untersucht haben, haben bemerkt, daß, wenn man nach ihrem Lauf hohe Dämme aufführte, oder wenn sie Hindernissen begegneten, solche alsdann bei diesen Dämmen oder bei solchen Hindernissen ihren beständigen Lauf nahmen, und ihr Bett daselbst tiefer aushöhlten. Das Wasser ist daher bei den Bügen tiefer als bei Stellen, wo ihr Lauf grad ausgeht. Das Aushöhlen rührt von dem Sturz des Wassers her, nachdem solches gegen das Ufer, da wo der Bug sich befindet, angeprellt ist; und diese Aushöhlung ist um so viel tiefer, je näher die Ufer beisammen liegen, und je mehr die Festigkeit dieser Ufer die des Bodens übertrifft. Dieses ist hier ein nothwendiger Erfolg. Aber diese größere Tiefe des Betts zeigt allemal einen Stoß gegen die Ufer an, und wenn diese nicht angegriffen werden, so dient jene Tiefe zum Beweis ihrer Festigkeit, nicht

aber,

Flüſſe ſehr eingeſchränkt. Es gibt unter dieſen ſehr wenige, die keine Kieſel in ihrem Bett haben, und nur unter den groſſen Flüſſen gibt es ſolche, welche in groſſer Entfernung von ihrer Mündung dergleichen zu zeigen aufhören.

Man hat in der Einleitung zu dieſem Werk die Urſachen geſehen, welche die Italiäniſchen Schriftſteller veranlaßt haben, ſich von der Regel zu entfernen, welche ſich ſo natürlich darbietet, die Flüſſe nach grader Linie zu führen, ſobald ſie Kieſel in ihrem Bett haben.

358. Ich habe bewieſen, daß dieſe Schriftſteller falſche Begriffe von der Wirkung und Geſchwindigkeit der Waſſer gehabt haben. Irrige Grundſätze konnten ſie nur auf mißliche Vorſchriften führen. Denn es iſt wohl keine Regel übler verſtanden worden, als die, welche vorſchreibt, daß man die Flüſſe, welche über Kieſel flieſſen, in Krümmungen ſoll fortſtröhmen laſſen.

Man gedenke ſich einen ſich ſchlängelnden Fluß, der über Kieſel flieſſe und unveränderlich bleibende Ufer habe, und deſſen Bett tief genug ſei, daß die Waſſer in Fluthzeiten nicht austreten.

Wenn man annähme, daß die Fortführung der Kieſel lediglich von der Geſchwindigkeit der Waſſer abhänge, ſo iſt klar, daß man dadurch, daß man dem Waſſer einen noch krümmern Lauf verſchaffe, ſein Gefälle und ſeine Geſchwindigkeit verminderte, und daß ſich alſo die von ſeinem Urſprung herkommende Kieſel (anderswoher können ſie nicht kommen, weil man die Ufer als vollkommen haltbar annimmt) auf eine geringe Strecke ausbreiten. Aber, was auch dieſer Fluß für Krümmungen machte, ſo könnte man doch den Regen-

wässern nicht wehren, eine bestimmte Menge Kiesel beizuführen, weil dieser Erfolg von der Stärke der Regengüsse und von der Beschaffenheit des ihrer Wirkung ausgesetzten Gebirgs abhängt; also tragen diese Krümmungen alles dazu bei, daß sich die Kiesel auf eine kürzere Strecke ausbreiten. Man sieht daher, daß, wenn man auch die Fortführung der Kiesel nur als eine Folge von der Geschwindigkeit der Wasser ansähe, es dennoch vortheilhaft wäre, die Flüsse in grader Richtung zu führen, weil ihre Geschwindigkeit, die alsdann größer wäre, den Erfolg haben müßte, daß sie die Menge von Kiesel, welche bei jeder Fluthzeit in ihr Bett kommen könnte, auf eine längere Strecke ausbreitete, und auf solche Art würde sich der Boden in kürzerer Zeit erhöhen. *)

Wenn man, statt die Unveränderlichkeit der Ufer anzunehmen, voraussetzt, daß solche bei jeder Fluthzeit an vielen Orten angegriffen würden, so ist klar, daß ihre Beschädigungen neue Kiesel in den Fluß bringen, welche dessen Boden erhöhen. Dieser üble Erfolg würde abgewendet, oder doch vermindert, wenn man den Fluß gradaus führte, weil alsdann seine Ufer dem Angriff weniger und auf eine kürzere Strecke ausgesetzt wären.

359. Wir haben (§. 315.) die Umstände angezeigt, ohne welche die Flüsse die Kiesel weder aus ihrer Stelle bringen noch fortführen können. Man hat gesehen, wie ihre Gewalt immer geringer würde, je weiter die Stellen, wohin ihre Wasser gelangten, von denen, wo sie in das Bett getreten sind, entfernt waren, und daß in desto größerer Entfernung von der Mündung ihre

*) Es sollte ohne Zweifel heißen: in längerer Zeit.

re Wirkung gänzlich verschwand, je länger die Bahn des Strohms war.

Es ist also klar, daß, wenn ein Fluß wie A B (fig. 57.), dessen Ufer von langer Zeit her ihre bestimmte Gestalt haben, nur bis an die Stelle B Kiesel zeigt, solches ein Beweis ist, daß bei einem möglichst schnellen und starken Zusammenfluß von Regenwasser die wallende Bewegung *) sich verliehrt, wann die Wasser in B angekommen sind. Wir wollen nunmehr annehmen, man ändere die Richtung dieses Flusses, und verschaffe ihm ein grad ausgehendes Bett, wie hier nach A C, so daß er seine Breite behalte, so erhellet, daß dieser Fluß, welcher in dem gekrümmten Bett nur bis in B Grand führen konnte, solchen noch über den Punkt C, welcher in dem gradausgehenden Bett jenem gegenüber liegt, hinausführen müsse, weil, wenn sich die wallende Bewegung bis zu der Stelle B nach allen Krümmungen des Betts A B fortpflanzt, solche in dem Bett A C bis auf eine Strecke A D unterhalten wird, die beinahe der Länge der Strohmbahn im gradlinichten Bett gleich ist. **)

360. Ueberhaupt mag die Stelle eine Lage haben, welche man will, so muß bei jeder Fluthzeit in dieser Stelle immer eben dieselbe Ursache vorhanden sein, daß Grandsteine fortgeführt werden, und solche muß in einerlei Entfernung von dieser Stelle A verschwinden, es mögen

*) s. §. 316.

**) Statt gradlinichten sollte es ohne Zweifel heißen: krumm liegenden. Wenn nämlich die gradausgehende Bahn A D der krumm liegenden A B in der Länge gleich sein soll, so muß die Stelle D nothwendig merklich über die B hinausfallen.

die Waſſer in einem gekrümmten oder gradausgehen-
Bett fortfließen; in dieſem letztern Fall aber wird
nämliche Menge Grand über ein größeres Gefälle ver-
lt, und das Flußbett wird alſo weniger erhöht.

361. Wenn die Ufer eines Fluſſes bei A auf eine
nliche Strecke hinlängliche Haltbarkeit haben, ſo kön-
die Veränderungen, welche man an der Richtung
Strohmbetts unterhalb dieſer Strecke vornehmen
n, an der Wirkung der Waſſer oberhalb gar nichts
ern. Allen Schaden nämlich, den das Waſſer an-
ten konnte, muß es, wann es in A ankommt, ſchon
erichtet haben; iſt es nur einmal an dieſer Stelle
ekommen, ſo kann es oberhalb nicht mehr wirken,
l es daſelbſt nicht mehr vorhanden iſt; und man mag
alsdann nach welcher Richtung man will leiten, ſo
n es auf die ihm nachfolgenden Waſſer nicht mehr
nfluß haben, als wenn es völlig verſchwunden wäre.
an mag alſo ein Stück eines Flußbetts nach einer gra-
n oder nach einer ſehr krummen Bahn fortführen, da-
n nur beim Anfang dieſer Veränderung die Ufer ihre
ständige Haltbarkeit behalten, ſo hat dieſe vorgenom-
ne Veränderung auf das Bett oberhalb derſelben gar
nen Einfluß.

Aber umgekehrt gilt dieſer Satz nicht, daß näm-
die Veränderungen, welche man in einem Stück des
ußbetts bewirkt, nothwendig einen ſtarken Einfluß auf
Richtung haben müſſen, welche die Waſſer unterhalb
hmen. Wir wollen nämlich ſetzen, es werde der Fluß
terhalb A gradaus geführt, und ſeine Ufer ſeien als-
nn haltbar genug, um der Wirkung der Waſſer zu
derſtehen; wenn es nun geſchieht, daß die Waſſer das

re Wirkung gänzlich verschwand, je länger die Bahn des Strohms war.

Es ist also klar, daß, wenn ein Fluß wie A B (fig. 57.), dessen Ufer von langer Zeit her ihre bestimmte Gestalt haben, nur bis an die Stelle B Kiesel zeigt, solches ein Beweis ist, daß bei einem möglichst schnellen und starken Zusammenfluß von Regenwasser die wallende Bewegung *) sich verliehrt, wann die Wasser in B angekommen sind. Wir wollen nunmehr annehmen, man ändere die Richtung dieses Flusses, und verschaffe ihm ein grad ausgehendes Bett, wie hier nach A C, so daß er seine Breite behalte, so erhellet, daß dieser Fluß, welcher in dem gekrümmten Bett nur bis in B Grand führen konnte, solchen noch über den Punkt C, welcher in dem gradausgehenden Bett jenem gegenüber liegt, hinausführen müsse, weil, wenn sich die wallende Bewegung bis zu der Stelle B nach allen Krümmungen des Betts A B fortpflanzt, solche in dem Bett A C bis auf eine Strecke A D unterhalten wird, die beinahe der Länge der Strohmbahn im gradlinichten Bett gleich ist. **)

360. Ueberhaupt mag die Stelle eine Lage haben, welche man will, so muß bei jeder Fluthzeit in dieser Stelle immer eben dieselbe Ursache vorhanden sein, daß Grandsteine fortgeführt werden, und solche muß in einerlei Entfernung von dieser Stelle A verschwinden, es mögen

*) s. §. 316.

**) Statt gradlinichten sollte es ohne Zweifel heißen: krumm liegenden. Wenn nämlich die gradausgehende Bahn A D der krumm liegenden A B in der Länge gleich sein soll, so muß die Stelle D nothwendig merklich über die B hinausfallen.

derung der Fluß eine krummlinichte Bahn hat, ſo daß die Waſſer nicht in grader Linie in das neue Bett einfließen, ſo werden ſolche ſogleich ihre Richtung am obern Theil verändern, und dieſe Aenderung wird ſich unvermerkt unterhalb fortpflanzen, ſo daß der Fluß ſeinen alten krummen Lauf von ſelbſt wieder annehmen wird.

Aus dem, was ich oben geſagt habe, darf man nicht ſchließen, daß ſich ein Fluß gar nicht in grader Linie fortführen laſſe, ohne ſeiner ganzen Bahn eben die Richtung zu geben; um ſich der Unveränderlichkeit ſeines Laufs zu verſichern, iſt weiter nichts nöthig, als daß man den Ufern beim Anfang des neuen Betts hinlängliche Haltbarkeit verſchaffe; die Waſſer ſtröhmen alsdann in ſolches, ohne es zu beſchädigen, und folgen ſeiner Richtung ſo, als ob ſie auch vorher keine andere gehabt hätten.

Man ſieht alſo, daß man jedes beliebige Stück eines Fluſſes in grader Richtung fortführen kann, und daß man durch dieſes Mittel ſeinem Bett eine ſolche Haltbarkeit verſchaffen kann, als durch die Natur möglich iſt, wenn man nur die Vorſicht beobachtet, welche ich angezeigt habe. Inzwiſchen darf ich die Bemerkung nicht übergehen, daß man keine Einſchnitte auf eine unbedachtſame Weiſe machen müſſe. Wenn man das Bett eines Fluſſes wieder in einen beſtimmten Raum zurückbringt, und man läßt ihm unterhalb Krümmungen, ſo muß er, da er über ein größeres Gefälle und in einerlei Richtung, folglich mit größerer Geſchwindigkeit fortfließt, in denen Stellen, wo er noch in geſchlängelter Bahn fortgeht, größere Verwüſtungen verurſachen, als wenn er ſich durch einen größern Raum fortſchlängelte.

364. Wenn ſich die Regenwaſſer verſammlen, ſo wühlen ſie ſich ſelbſten Kanäle aus, die der Menge ihrer Waſſer angemeſſen ſind, und die Ungleichheiten ihres Laufs mögen beſchaffen ſein, wie ſie wollen, ſo iſt es unmöglich, daß ihr Bett nicht an ſehr vielen Stellen natürlicherweiſe die ihm angemeſſene Tiefe, Breite und Haltbarkeit annehmen ſollte.

Dieſe merkwürdigen Stellen müſſen ſorgfältig von ſolchen Männern, welche damit umgehen, den Lauf eines Fluſſes feſtzuſetzen unterſchieden werden, denn ihre dabei nöthige Kenntniß muß darin beſtehen, daß ſie das, was die Natur am beſten gemacht hat, nachzuahmen wiſſen.

Wenn man die Abmeſſungen des Betts kennen gelernt hat, welche zum Abfluß der Waſſer hinreichend ſind, und nun dieſem Bett überall die nämlichen Abmeſſungen und eine gradlinichte Richtung geben will, ſo kann man verſichert ſein, daß die Waſſer freier abſchießen als vorher, da die grade Richtung noch nicht ſtatt hatte. Die Breite und Tiefe werden alſo größer, als ſie zur Aufnahme aller beifließenden Waſſer zu ſein brauchten. Man hat daher nicht ſo leicht Ueberſchwemmungen zu befürchten ꝛc.

365. Wenn man vorausſetzt, daß die Ufer in unveränderlichem Stand bleiben, ſo ſcheint es, daß das Bett beſtändig die nämlichen Abmeſſungen behalten müſſe. Dieſes würde nämlich ſtatt haben, wenn der Boden des Betts nicht erhöht würde; da aber die Regenwaſſer Grand und Sand beiführen, ſo werden dieſe Stoffe darin abgeſetzt, und der Boden erhöht ſich um ſo viel geſchwinder, je größer die Menge dieſer beigeführten fremd-

fremdartigen Materien iſt. Inzwiſchen erhöhen ſich zu eben der Zeit, worin ſich der Boden erhebt, gewöhnlich auch die Ufer, es mag nun ſolches durch die von den Flüſſen bei Ueberſchwemmungen mitgeführten und abgeſetzten fremden Stoffe verurſacht werden, oder durch die von den Gebirgen und Hügeln in die Thäler, welche von den Flüſſen durchſtröhmt werden, herabfallende Erd- und Steinmaſſen.

Da die Waſſer keiner großen Geſchwindigkeit bedürfen, um den Sand aus ſeiner Stelle zu treiben, ſo werden die von einer Fluth bewirkten Anhägerungen dieſer Art gewöhnlich durch die nächſtfolgende Fluth in Bewegung geſetzt und weggeführt, und ſie werden entweder zum Theil aus dem Flußbett herausgetrieben, oder gelangen unvermerkt ins Meer.

366. Man erſieht hieraus, daß die einzelnen Sandanhägerungen wenig dazu beitragen, den Boden der Flüſſe zu erhöhen; ſie haben ſogar an allen den Orten keinen Einfluß hierauf, wo das Gefälle noch groß genug iſt, daß die Waſſer ſolche Stoffe leicht in Bewegung ſetzen können. Die Stellen, wo ihre, obgleich langſame Wirkung beſſer in die Augen fällt, ſind diejenigen, welche nicht weit von dem Ende ihres Laufs entfernt ſind, wenn ſie alsdann in ihrer Bewegung gehemmt werden, ſo erhöhen ſie mit einmal den Boden und die Ufer der Flüſſe, durch welche ſie beigeführt worden ſind.

Bei der Mündung großer Flüſſe iſt keine Reihe von Jahren nöthig, um an Oertern, die zuvor mit Meereswaſſer bedeckt waren, feſtes Land zu ſehen.

In Italien gibt es mehrere Flüſſe, an deren Strohm hin man noch jetzt in den neuerlich daran erbauten Städ-

ten Denkmäler des Alterthums antrifft, welche von den erhabenen Römern aufgeführt worden ſind; aber je näher dieſe Städte nach der Mündung ſolcher Flüſſe liegen, deſto tiefer liegt die Bodenfläche der alten Gebäude unter der Fläche des jetzigen Bodens.

Zu Arles, in der Vorſtadt Trinquetaille, darf man nur anderthalb Lachter tief in den Sand graben, um die Trümmer der vormaligen Stadt zu finden. Man trifft ſogar in dem Bett der Rhone Gewölbe an, die bei ihrer Erbauung zuverläßig höher als die Oberfläche des Fluſſes lagen. Es ſind alſo der Boden und die Ufer dieſes Fluſſes nach einer Reihe von Jahrhunderten beträchtlich erhöht worden, und würden es noch mehr ſein, wenn dieſe Stadt näher an dem Meer erbaut worden wäre. 1) Man bemerkt keine dergleichen Veränderungen in denen weiter der Rhone hinauf gelegenen Städten, wegen des Gefälles, das dieſer Fluß daſelbſt überall hat.

367. Sobald man ſich alſo weit genug von der Mündung der Flüſſe entfernt hat, bis ſie nämlich ein merkliches Gefälle zeigen, ſo iſt die durch den Sand bewirkte Erhöhung des Bodens wirklich für nichts zu achten; und da die großen Flüſſe auf die größte Strecke ihres Laufs über dergleichen Stoff wegfließen, ſo können ſie keine Aenderung leiden, wenn ihre Ufer eine beſtändige Haltbarkeit haben.

368. So wie man in Gegenden kommt, wo ſich Kieſel finden, ſo langſam ſie auch beigeführt werden mögen,

*) Im Jahr 1737. erbaute man bei der Mündung der Rhone einen Leuchtthurm, den man den heiligen Ludwigsthurm nennt. Gegenwärtig iſt das Meer eine Meile von dieſem Gebäude entfernt.

gen, ſo enthalten ſolche einen fortdauernden Grund zur Erhöhung des Bodens; aber der bei Ueberſchwemmungen über die Ufer ausgeworfene Sand und die von den Anhöhen herabgefallenen Erden und Geſteine ſind hinlänglich, die Ufer in einer eben ſo großen Verhältniß zu erhöhen, als die Kieſel den Boden erhöhen können. Wenn alſo gleich ein Fluß Kieſel in ſeinem Bett führet, ſo hat man bei Vorausſetzung haltbarer Ufer doch nicht zu fürchten, daß ſich der Boden bald erhöhe, wenn die Zunahme der Waſſer nur nach und nach erfolgt, oder wenn ſich keine plötzliche Anſchwellung ergibt. Man ſieht nämlich über die ſchnellſten Flüſſe an Oertern, wo ſolche über lauter Kieſel fließen, Brücken, welche nach mehrern Jahrhunderten dem Waſſer einen eben ſo freien Abfluß verſtatten, als zur Zeit ihrer Erbauung. 1)

369. Inzwiſchen ändern ſich die Umſtände, je näher man dem Urſprung der Flüſſe kommt; da hier die Anſchwellungen plötzlich erfolgen, ſo können die Waſſer alsdann Kieſel beiführen, und wenn man die Ufer als unvergänglich annimmt, ſo kann es nicht fehlen, daß ſich der Boden nach und nach und zuweilen ſchnell erhebt.

Oft geſchieht es, daß Flüſſe in ziemlicher Menge Grand führen, ohne daß ſich darum ihr Boden ſehr erhöht. Dieſes rührt aber daher, weil die Waſſer nicht zwiſchen unabänderlichen Ufern fortſtröhmen; ſie machen ſich in Strecken, aus welchen ſie das Erdreich mit ſich fortreißen, neue Betten, und laſſen in dem Bett, welches ſie verlaſſen, die zuvor dahin geführten Kieſel zurück.

1) In der Provence hat man Brücken, die noch die Römer erbaut haben, und die meine Behauptung beſtätigen.

370. Der Hauptgegenstand ist, der Erhöhung des Flußbetts zuvorzukommen, und dieser Zweck läßt sich nur dadurch erreichen, daß man die Wasser verhindert, Kiesel an denen Oertern mit sich zu führen, wo sie in größerer Menge vorhanden sind, und wo sie sich schneller zusammenhäufen. Es entscheidet also hauptsächlich die Art, wie man diese beiströhmenden Wasser leitet, über die schnellere oder langsamere Erhöhung des Bodens derer Flüsse, welche diese beiströhmenden Wasser vergrößern; beim Ursprung der Flüsse selbst muß man dergleichen Materien zurückhalten, wenn man befürchtet, daß solche weiter fort die Haltbarkeit ihres Betts ändern können.

Wenn man eine Gegend, deren Oberfläche unter verschiedenem Gefälle ausgebreitet ist, in gebauten Stand sezt, so würden sich die Regenwasser da, wo sie von verschiedenen abhängenden Flächen herab in eine Stelle zusammenfließen, ein Bett aushöhlen, wenn der aufmerksame Eigenthümer nicht dadurch diesen Beschädigungen zuvorkäme, daß er nach der Richtung der Wasser Mauern aufführt, wodurch solche genöthigt werden, sich über eine große Strecke auszubreiten und in geringerer Höhe abzufließen.

Ein ähnliches Mittel muß man gebrauchen, um die Bäche zu leiten, wenn man sie verhindern will, Kiesel fortzuführen. Je niedriger die Lage der zusammentretenden Wasser bei ihrem plözlichen Zusammenfluß ist, desto weniger hat man ihre Wirkung gegen den Boden zu fürchten, und desto weniger werden sie also Grandsteine fortführen. Man muß daher den Bächen eine beträchtliche Breite geben, wenn man ihnen wehren will, Kiesel fortzuführen.

Es

Es iſt wahr, daß die Waſſer bei Anwendung dieſes Mittels nicht ſo geſchwind abfließen, als wenn ſie eine größere Höhe annähmen; aber es iſt leicht, durch eine größere Breite das, was an der Geſchwindigkeit verlohren wird, wieder zu erſetzen.

371. Die Bäche, welche über lauter Sand fließen, haben ein Bett, das öfters eine geringe Breite, aber allemal eine beträchtliche Tiefe hat. An jener darf man nichts ändern, wenn ſie zur Verhinderung der Ueberſchwemmungen hinlänglich iſt; denn da der Platz, welchen die Bäche einnehmen, ganz verlohren iſt, ſo muß man ihnen diejenigen Abmeſſungen laſſen, welche den Raum, den ſie einnehmen können, mehr einſchränken und einen größern Raum für den Ackerbau übrig laſſen; man muß ſie alſo um eben der Urſache willen, und um den Ufern hinlängliche Haltbarkeit zu verſchaffen, in grader Richtung fortführen.

Man muß aber die Bäche deſto breiter machen, je mehr ihr Bett mit Kieſeln bedeckt iſt, und je ſchneller die Waſſer bei Fluthzeiten darin zuſammentreten.

372. Wenn Bäche nach und nach über abhängende Gegenden und ebene Flächen fortfließen, ſo muß man ihre Breite vorzüglich in denen Strecken ihres Laufs vergrößern, welche einen ſtärkern Abhang haben.

Es iſt klar, daß man durch dieſes Mittel in den obern Gegenden der Bäche die Kieſel, welche ſie mitführen können, zurückhalten kann; und ſobald man ſolches ausgeführt hätte, könnte man weiter fort ihre Breite vermindern, und ſie dadurch nöthigen, ſich ein tieferes Bett auszuhöhlen, ohne daß man zu fürchten hätte, daß ſolches wieder ausgefüllt werde, oder daß dieſe

Bäche

Bäche behülflich sein, den Boden der Flüsse, welche sie vergrößern, zu erhöhen.

373. Es gibt inzwischen Fälle, wo man auch die Eigenschaft der Bäche, Kiesel mit sich zu führen, zum allgemeinen Besten benutzen kann. Wenn z. B. ein beträchtlicher Fluß die anstoßenden Ländereien in der Gegend, wo ein solcher Bach seine Mündung hat, beschädigte, so könnte man seiner Gewalt keinen stärkern Damm entgegensetzen, als eben diesen Bach. Um seinen Widerstand noch zu verstärken, müßte man sein Bett auf eine große Strecke seines Laufs noch mehr verengen; seine Wasser würden alsdenn noch schneller beifließen, und indem sie nun in engerer Vereinigung mit einer größern Geschwindigkeit und mit einer größern Menge Kiesel die Mündung erreichten, so würden sie um so viel sicherer den Fluß abtreiben, von dem man Verwüstungen befürchtete.

374. Wenn die Leitung eines Bachs vorgenommen werden soll, so muß man allemal oberhalb den Anfang machen, man mag nun die Absicht haben, die Fortführung der Kiesel zu behindern oder zu befördern; denn im ersten Fall würde man durch die unterhalb vorgenommene Erweiterung der Bäche die Kiesel nicht verhindern, dahin zu kommen, und im andern Fall würde man nicht den Zweck erreichen, die Kiesel bis zur Mündung fortzutreiben, wenn solche durch die Lage des Betts schon oberhalb in ihrer Bewegung gehemmt würden.

375. Es ist gewiß, daß man, durch Verminderung der Breite eines Bachs in einer kleinen Strecke seines Laufs, seine Wasser nöthigt, in größerer Höhe fortzufließen, und ihm folglich eine größere Gewalt ertheilt,

eilt, den Boden auszuheben. Aber daraus, daß un-
r ähnlichen Umſtänden zur Zeit einer Fluth, da,
o das Bett verengt worden iſt, eine Vertiefung ent-
eht, darf man nicht ſchließen, daß, wenn man auf
en ſolche Weiſe das Bett dieſes Bachs auf eine be-
ächtliche Strecke verengt hätte, ſolcher längſt dieſer
nzen Strecke ſein Bett auf eben ſolche Tiefe ausge-
hlt haben würde.

Es ſei O S oder I D (fig. 59.) die mittlere Brei-
eines Bachs, deſſen Breite in A mittelſt eines Damms
rmindert werde, doch ſo, daß man zugleich ſeine Ufer
rgeſtalt erhöhe, daß die Waſſer nicht austreten kön-
n. Da die Verengung des Betts in A das Waſſer
m Fallen bringt, ſo muß daſelbſt nothwendig eine Ver-
f:ng entſtehen. Die Materien, welche bei deren
ntſtehung ausgehoben werden, werden in einer kleinen
ntfernung von ſolcher Vertiefung nach der Breite des
etts ausgebreitet; wenn man aber, anſtatt das Bett
s Bachs an einer einzigen Stelle wie A B zu verſchmä-
n, ſolches auf einmal nach eben dem Maaß auf eine
rächtliche Strecke B D verengte, ſo dürfte man nicht
arten, daß die Waſſer das Bett auf dieſe ganze
trecke eben ſo beträchtlich, wie die einzelne Vertiefung
A B ausheben würden. Denn I) in A B wird
ar allemal das Waſſer in einen Fall gerathen, aber
ie Wirkung kann ſich nicht weit fortpflanzen, und es
ß in einer geringen Entfernung unterhalb eine regulare
) dem Boden parallele Bewegung annehmen; es kön-
i alſo die Waſſer nur beim Anfang einer jeden An-
vellung Kieſel fortführen, und hierdurch wird die Zeit,
rin ſie ihre Wirkung äußern, ſehr eingeſchränkt. II)
enn man annimmt, daß der Fall der Waſſer bei A B

zur

zur Zeit einer Fluth eine Vertiefung von einem halben Lachter tief bewirke, ſo müßten, wenn das Bett auf die Strecke B D eben ſo tief ausgehoben werden ſollte, die Waſſer ſo viele Kubiklachter Grand ausheben können, als die Hälfte der Fläche A B C D Quadratlachter enthielte; dieſes iſt aber unmöglich, weil außer der Stelle, wo der Fall der Waſſer in A B ſtatt hat, ſolche nur in dem Augenblick gegen den Boden wirken können, wo ſich ſolche bei Fluthzeiten plötzlich zuſammenhäufen, und weil ſelbſt alsdann die Kieſel bald eine Lage annehmen, die ſie dem ſchiefen Stoß der Waſſer entzieht, und in einen bleibenden Stand ſetzt.

376. Man kann alſo nicht annehmen, daß die Kieſel nach und nach mit fortgeführt werden. Von einer andern Seite würde es ungereimt ſein, ſich einzubilden, daß ſie mit einmal in großen Haufen weggeführt werden könnten; wenn dieſes ſtatt fände, ſo würden ſich ſolche Kieſel, indem ſie ſich von B entfernen, in eine immer mehr aufſchwellende Maſſe anhäufen, und auf ſolche Art bald den Kanal verſperren, der dem Waſſer zum Abfluß dienen ſollte.

377. Wenn das Bett eines Bachs durch neue Ufer nach den Richtungen A C, B D verſchmälert worden iſt, und man gedenkt ſich nun eine Maſchine in A B angebracht, welche nach und nach, in größern oder kleinern Haufen, alle die in dem neu entſtandenen Bett befindlichen Kieſel beiführte, ſo hätte man eine Vorſtellung von der Wirkung, welche man durch die Waſſer hervorbringen wollte. Jedermann wird leicht einſehen, daß es bei weitem bequemer ſein würde, in ſolchem Fall die Wirkung des Pflugs nachzuahmen, das iſt, die Materien,

terien, welche ſchon den Boden des Bachs ausmachten, über die Ufer wegzuheben; zu dem Ende wird es aber niemalen nöthig ſein, die Ufer auf eine lange Strecke zu erhöhen, in der Hoffnung, daß zur Zeit einer Fluth die Waſſer das Bett ausheben, und die Kieſellagen, welche man entfernen wollte, unterhalb wegführen werden. Man braucht alsdann die Betten der Bäche nur auf kleinen Strecken anzuordnen, und dieſe Arbeit nur nach und nach fortzuſetzen, ſo wie die Waſſer die von ihrem Stoß erwartete Wirkung nach und nach leiſten.

378. Wenn inzwiſchen die Richtung eines Bachs einmal beſtimmt iſt, ſo kann man von Strecke zu Strecke die Ufer, ſo viel man es für dienlich erachtet, näher zuſammenziehen. Dergleichen in einzelnen Stellen vorgenommene Veränderungen bewirken eben ſo viele Fälle im Waſſer, und daher eben ſo viele einzelne Vertiefungen; Solches dient als eine Vorbereitung zur Herſtellung und Bildung des neuen Betts; dergleichen einzelne Vorrichtungen aber dürfen nur nach und nach mit einander verbunden werden, und zwar ſo, daß man mit den höher liegenden den Anfang macht.

379. Wir wollen die Vorſchriften, welche man bei Leitung der Bäche und Flüſſe zu beobachten hat, mit wenigen Worten zuſammenfaſſen.

I) Man muß ihr Bett weit genug machen, damit es alle Waſſer, die ihm bei gewöhnlichen Fluthen zufließen, faſſen könne. Wenn man ihrem Lauf nachgeht, ſo wird man viele Stellen beobachten können, welche dieſer Bedingung ein Genüge thun. Man verfährt ſicherer, wenn man auf ſolche Beobachtungen baut, als wenn man ſich auf hypothetiſche Berechnungen gründet, wonach

wonach ſich aus der Waſſerhöhe bei Fluthzeiten und dem Gefälle des Betts die Geſchwindigkeit und Waſſermenge beſtimmen ließen.

II) Es gibt Flüſſe, welche zu Zeiten, aber ſelten, außerordentliche Anſchwellungen leiden. Bei Anordnung ihres Strohmbetts dürfte man ſich nicht nach der Menge dieſer angeſchwellten Waſſer richten. Man kann den Beſchädigungen, die ſie bewirken können, vorbeugen, wenn man in gewiſſer Entfernung von beiden Ufern Dämme aufführt, welche in ſo ungewöhnlichen Fällen zur Schutzwehr gegen die Waſſer dienen.

III) Wenn das Waſſer durchaus auf einerlei Art gegen den Boden wirken ſoll, ſo muß man ſolchem eine horizontale Lage geben; das Bett muß alſo eine rechtwinklichte Geſtalt bekommen, wenn die Ufer aus haltbaren Materien beſtehen; wären ſolche nur aus leichter Erde zuſammengeſetzt, ſo müßte man ihnen eine Abdachung geben, und ſolche mit vielen Bäumen oder Geſträuchen beſetzen.

IV) Man muß das Bett ſo gut als möglich nach grader Linie führen; dieſe Vorſicht dient zur Erhaltung der Ufer, und verſchafft ſolchen, ſo zu reden, eine immerwährende Dauer. Es tritt auf ſolche Art kein neuer Kieſel in das Bett; einige von denen, welche ſchon darin waren, können nur in Bewegung geſetzt werden; man hat aber nicht zu fürchten, daß der Boden auf eine merkliche Weiſe erhöht werden könne; wenigſtens wird hierzu eine außerordentlich beträchtliche Zeit erfodert.

Was die Anhägerungen von Sand und Schlamm betrifft, ſo hat man nicht zu befürchten, daß ſolche jemalen das Bett der Flüſſe, wenn ſolche einiges Gefälle haben,

ben, erhöhen können. Dergleichen Dinge, welche eine ath zuführt, werden durch eine nachfolgende Fluth abge- rt und wieder erſetzt; aus kleinern Flüſſen gelangen ſie größere, und von da endlich in Seen oder ins Meer.

V) Wenn ich angerathen habe, den Bächen eine rächtliche Breite zu geben, ſo geſchah dieſes unter der rausſetzung, daß ſie viele Kieſel beiführen könnten. allen Fällen aber, wo man dieſes nicht zu befürchten , das iſt faſt allemal, muß man ſich hüten, ſie zu it zu machen.

VI) Wenn man einmal die Breite feſtgeſetzt hat, lche ein Fluß haben ſoll, ſo muß man ihm die nämli- Abmeſſung laſſen, ſo lange ſeine Waſſermaſſe nicht ßer wird. Wenn unterhalb einer Stelle, wo das ett auf ſolche Art angeordnet worden wäre, die Breite Fluthzeiten beträchtlich größer würde, ſo würden die ammenfließenden Waſſer daſelbſt eine geringere Höhe ben, und würden alſo da die fremdartigen Stoffe ab- en, die ſie mit Schwierigkeit bis dahin mit ſich fort- ührt haben; der Boden des Betts würde ſich alſo öhen, und würde eine Art von Aufwurf oder von amm bilden, der zuverläßig Ueberſchwemmungen, Be- ädigungen des einen Ufers ꝛc. verurſachen würde.

VII) Der Boden des Betts muß eben bleiben, nn der Strohm nach der ganzen Breite des Fluſſes nämliche Gewalt hat; wenn man aber einen Haupt- des Strohms unterſchiede, und wenn ſolcher gegen es von den Ufern ſeine beſtändige Richtung annähme, müßte man deſſen Beſchädigung zuvor kommen, man ißte verhüten, daß die Anhägerungen, welche ſich dann am gegenüber liegenden Ufer ergeben, ſich nicht

zu feſt anſetzen, man müßte die Bäume und Pfla
welche darin aufwachſen könnten, ſorgfältig ausre
ja man müßte ſogar, wenn es die Umſtände erfod
den Pflug durchgehen laſſen.

VIII) Man müßte den Fluß längſt beiden Ufe
ſo viel möglich mit Bäumen beſetzen, deren Wachs
das Waſſer und noch mehr das Klima begünſtigt, un
ihre Erhaltung achtſam ſein; es gibt kein wohlfe
Mittel, den Ufern eine größere Haltbarkeit zu verſch

IV) Wenn man die Flüſſe verſperrt, um Ab
kanäle zu erhalten, ſo muß man wohlgebaute Dä
aufführen, und die Waſſer ſo faſſen, daß die da
entſtehende Vertiefung oder kleine See nicht wieder
gefüllt werde, und nicht auf ſolche Art das Bett er
Dieſe Gefahr iſt wenig zu fürchten, wenn die Flüſſ
Gefälle haben; ſie kann aber ſehr groß ſein, und
rige Folgen haben, wenn das Gefälle ſchwach iſt.

Achtzehnter Abſchnitt.

Von der Vereinigung und Abſonderung der
che und Flüſſe.

380.

Wenn man zween Bäche oder zween Flüſſe mit
ander vereinigen ſoll, ſo muß man gleich anf
die Abmeſſungen beſtimmen, welche das zu dieſen v
nigten Waſſern beſtimmte Bett haben muß. W
das Gefälle gleich groß iſt, ſo muß man das gem
ſchaftliche Bett ausheben, und ihm auf eine hinlängl
Strecke Ufern machen, daß nämlich die Flächen

Querſchnitte bei hohem Waſſer ſo groß ſein, als die Summe der Querſchnitte von beiden einzelnen Betten unter eben den Umſtänden. Wenn das Gefälle des gemeinſchaftlichen Betts nach der Vereinigung größer ſein ſoll, ſo braucht dieſes Bett nicht ſo geräumig zu ſein, als beide einzelne Betten zuſammengenommen, und es findet das Gegentheil ſtatt, wenn das Gefälle geringer werden ſoll. Dieſes ſind die einzigen Vorſchriften, welche man zu beobachten hat, und man braucht wegen der Anhägerungen, welche jeder Fluß verurſachen kann, nicht in Sorgen zu ſein. Man hat nämlich nicht zu befürchten, daß ſich der Boden des Betts erhöhe, wenn jeder Fluß über bloßen Sand fließt. Wenn der eine von ihnen nur über Grand fließt, ſo müſſen ſich nach ihrer Vereinigung die Kieſel, welche in das gemeinſchaftliche Bett kommen, über einen viel breitern Boden ausbreiten; und wenn die Geſchwindigkeit der Waſſer darin bei Fluthzeiten oft größer wird, ſo müſſen die Kieſel auf eine längere Strecke ausgebreitet werden. Die Vereinigung der Flüſſe iſt alſo in dieſem Fall behülflich, die Erhöhung des Bodens zu verzögern. Wenn endlich beide Flüſſe über Grand fließen, ſo würde ihr vereinbarter Strohm behülflich ſein, ſolchen von dem Ort des Zuſammenfluſſes weiter fortzutreiben, als wenn jeder der beiden Flüſſe für ſich allein fortgefloſſen wäre. Alſo muß auch in dieſem Fall die Vereinigung vortheilhaft ſein, und die Erhöhung des Bodens verzögern.

Es iſt demnach keine beſondere Regel bei der Vereinbarung oder Abſonderung der Bäche zu beobachten. Im erſten Fall ordnet man das Bett ſo an, als wenn es für einen einzigen Bach beſtimmt wäre, der ſo viel

Waſſer auf einmal führen ſollte, als beide Bäche zuſammengenommen. Im andern Fall bringt man das Bett auf ſolche Abmeſſungen, welche der geringern Waſſermenge, die es aufnehmen ſoll, angemeſſen ſind.

Neunzehnter Abſchnitt.

Von den Ueberſchwemmungen.

381.

Das Bett der Bäche und Flüſſe kann öfters nur einen Theil von dem Waſſer aufnehmen, welches demſelben zufließt. Die überflüßigen Waſſer geben alsdann die Veranlaſſung zu Ueberſchwemmungen. Wenn die anſtoßenden Ländereien niedrig liegen, ſo bilden ſie darin kleine Seen; 1) mehrentheils ſetzen ſie ihren Lauf fort, aber mit einer deſto größern Trägheit, je größer die Ebenen ſind, über die ſie ſich ausbreiten.

Die Ueberſchwemmungen hängen hauptſächlich von der Stärke und Dauer der Regengüſſe ab; auch ſind ſolche nach Verſchiedenheit der Länder mehr oder weniger beträchtlich, und mehr oder weniger anhaltend. Wenn die Regengüſſe nicht in übermäßiger Stärke kommen, ſo haben die Ueberſchwemmungen nur in der Gegend ſtatt, wo

1) Der Gumafluß ſchwillt bei den Ueberſchwemmungen des Senegals ſehr an, und macht, indem er über die Ufer austritt, einen See von beträchtlichem Umfang. Hiſtoire des voyages tom. II. pag. 495. von Afrika, Europa, Aſien und Amerika könnte ich noch unzählige Beiſpiele anführen.

wo die Flüſſe ihren Anfang nehmen, und man ſieht leicht die Urſache hiervon ein.

Es iſt gewiß, daß man unter unendlich vielen Umſtänden den Ueberſchwemmungen vorbeugen könnte, wenn man dem Bett der Bäche und Flüſſe eine größere Breite gäbe. Dieſes iſt hauptſächlich in Gegenden anwendbar, die ſeit langer Zeit von Menſchen bewohnt werden, und die keine hohe Gebirge haben. Was aber die großen Flüſſe anlangt, ſo werden ſolche durch die zu gewiſſen Zeiten eintretenden Regen oder durch beträchtliche Schneewaſſer oft außerordentlich verſtärkt, und ihr ordentliches Bett iſt alsdann zum Abfluß des Waſſers nicht hinreichend. Man weiß, daß ſich der Nil zur Zeit ſeiner Ueberſchwemmung über ganz Unter-Egypten ausbreitet, und daß er die Fruchtbarkeit aller Ländereien, die er überſchwemmt, befördert.

Vorzüglich bei der Mündung der Flüſſe machen die Waſſer die Ländereien, über die ſie ſich ausbreiten, fruchtbar; dieſes rührt daher, weil ſolche alsdann nur mit Schlamm oder kleinen vegetabiliſchen Theilchen belaſtet ſind. Inzwiſchen gibt es Flüſſe, die nichts als Quarzſand mit ſich führen, und welche die Ländereien, die ſie überſchwemmen, unfruchtbar machen.

Je tiefer die Oefnung iſt, wodurch die Strohmwaſſer aus ihrem Bett treten, deſtomehr bleiben ſie mit groben Maſſen beladen. Um an den Ufern der Flüſſe, welche Ueberſchwemmungen ausgeſetzt ſind, den Verwüſtungen vorzubeugen, die Ländereien fruchtbar zu machen, und ſie unvermerkt den Ueberſchwemmungen ganz zu entziehen, macht man in einer auf das Bett ſenkrechten Richtung Aufwürfe von Erde, welche das Waſſer auf

eine hinlängliche Strecke aufhalten, und ſolches alſo nöthigen, den bei ſich führenden Schlamm abzuſetzen. Eben die Abſicht erreicht man auch, wenn man ſolche Hecken anpflanzt, die das Waſſer lieben.

382. Man lieſt bei den Italiäniſchen Schriftſtellern und in Hrn. v. Büffons Naturgeſchichte, 2) daß die Geſchwindigkeit der Waſſer in den Flüſſen abnimmt, wann die Ueberſchwemmung ihren Anfang genommen hat.

So oft ſich die Waſſer in beträchtlicher Menge plötzlich anhäufen, kann ihre Geſchwindigkeit diejenige bei weitem übertreffen, welche ſie haben könnten, wann ſich der Strohm ſchon nach ſeinem ganzen Lauf ausgebreitet hätte, aber aus dieſem Geſichtspunkt haben die Schriftſteller, wovon ich geredet habe, die Sache nicht betrachtet.

Sobald ſich der Strohm durchaus verbreitet hat, ſo wird ihre Geſchwindigkeit immer größer, wenn die Waſſermaſſe größer wird, dafern nur dieſe Vergrößerung allmählig erfolgt, und wenn die Waſſer einen freien Abfluß haben. Es iſt nämlich ausgemacht, daß bei einerlei Gefälle die Geſchwindigkeit der Waſſer mit ihrer Maſſe zunimmt. Aus dieſem Geſichtspunkt wäre die Behauptung der Italiäniſchen Schriftſteller falſch.

Wenn aber die Waſſer bei ihrem Abfluß in einer gewiſſen Strecke ihres Laufs Hinderniſſe finden, ſo iſt klar, daß ihre Bewegung oberhalb deſtomehr verzögert wird, je mehr Zwang der Abfluß leidet, und je größer die abfließende Waſſermenge iſt. Wenn ſich übrigens die Waſſer in großen Ebenen ausbreiten können, ſo werden

2) Theorie de la terre tom. II. pag. 62.

den ſie nicht allein nach der Richtung des Betts fortflieſſen, ſondern auch nach der Richtung, welche ſie nehmen können, indem ſie über die Ufer austreten. Dieſe letztere Bewegung muß ihre Geſchwindigkeit an der Oberfläche verſchwächen.

383. Inzwiſchen muß allemal an eben der Stelle, wo der Abfluß einen gröſsern Zwang leidet, im Waſſer ein Fall entſtehen, und daher eine deſto gröſsere Geſchwindigkeit, je gröſser die Höhe iſt, welche die zuſammenfließenden Waſſer anzunehmen genöthigt werden. Man ſieht alſo, daß die von den Italiäniſchen Schriftſtellern angezeigte Erſcheinung nicht allgemein iſt; daß, wenn die Geſchwindigkeit unter gewiſſen Umſtänden vermindert wird, ſolches dann geſchieht, wann die Waſſer durch Hinderniſſe gehemmt werden, oder wann ſolche ſeitwärts ausweichen können, und daß endlich unterhalb der Stelle, wo ſie auszutreten anfangen, ihre Bewegung beträchtlicher wird.

384. Die Dauer der Ueberſchwemmungen hängt von der Stärke und Fortdauer der Regengüſſe ab; auch iſt ſie bei jedem Fluß verſchieden; ſie kann kurz ſein, und erfolgt nur in ſolchen Gegenden einigermaßen nach einer gewiſſen Ordnung, wo die Regen periodiſch und in einerlei Stärke einfallen.

385. Da die Oberfläche des Meeres durch die Wirkung der Fluth und der Winde erhoben wird, ſo können ſich dieſe Urſachen oft noch mit dem Regen verbinden, um bei der Mündung der Flüſſe Ueberſchwemmungen zu verurſachen. Man hat in ſolchem Fall das Meer als einen Widerſtand zu betrachten, der den Flüſſen hinderlich fällt. Sie werden nämlich genöthigt, ei-

ne höhere Oberfläche anzunehmen, als die des Meeres ist, bevor sie sich mit solchem vermischen; und um so weit zu kommen, müssen sie unter stärkerm Gefälle abfließen, als wenn die Oberfläche des Meeres niedriger läge.

Wenn inzwischen die Wasser, indem sie sich erheben, nichts fänden, das ihrem Abfluß hinderlich wäre, so könnte ihre Höhe, welche von der Erhöhung der Meeresfläche herührte, letztere niemalen übersteigen oder ihr nur gleich kommen. Denn wenn man sich vorstellt, es werde ein Fluß zur Zeit einer Anschwellung auf eine gewisse Entfernung von der Mündung dergestalt erhoben, daß sein Abhang durch eine bestimmte Anzahl von Zollen auf die Meile angegeben werde, so ist klar, daß, wenn man nun annimmt, das Meer werde um eine gewisse Anzahl von Fußen erhoben, die Wasser des Flusses zum höchsten so hoch steigen werden, daß sie mit eben dem vorhin bemerkten Gefälle fortfließen können; und dieses ist nicht einmal nöthig, weil wegen der Vergrößerung der Querschnitte die mittlere Geschwindigkeit der Wasser geringer sein darf, um abschießen zu können; sie haben also kein so großes Gefälle nöthig; und diese Erscheinung muß um so viel sichtbarer sein, je reißender der Fluß ist, bei welchem man solche beobachtet. Es ist daher ausgemacht, daß die Erhöhung von 1 oder 2 Fuß bei der Mündung der Flüsse keine Erhöhungen von 7 bis 8 Fuß auf eine gewisse Entfernung oberhalb bewirke. Wenn dieses richtig wäre, so müßte allemal, so oft die Winde aus Osten gegen unsere Küste stoßen, und die Meereswasser um 3 Fuß zu steigen nöthigen, die Rhone zu Arles um 8 bis 10 Fuß steigen. Es würde daraus gleichfalls folgen, daß die durch die Meeresfluth verursachte

ſachte Erhöhung der Waſſer auf Flüſſen, welche in den Ocean fallen, deſto beträchtlicher ſein müßte, je weiter man ſich von dem Meer entfernte. Dieſes findet ſich aber nicht. Die Erhöhung der Waſſer in den Flüſſen, welche durch die Meeresfluth verurſacht wird, iſt in den obern Gegenden der Flüſſe niemalen größer, oder nicht einmal ſo groß als bei ihrer Mündung.

386. Man beugt den Ueberſchwemmungen dadurch vor, daß man denen ſich anhäufenden Waſſern einen möglichſt freien Abſchuß und ein Bett verſchafft, das ſie alle faſſen kann. 1) Die Wegſchaffung aller im Weg liegenden Hinderniſſe und Verſperrungen, die Leitung der Flüſſe nach einer graden Linie, die Vervielfältigung von Ableitungskanälen, und die Aufführung von Dämmen an den Ufern, dienen als allgemeine Mittel zu Erreichung jenes Zwecks, die man entweder mit einander verbunden, oder einzeln, je nachdem es die Umſtände erfodern, anwenden kann.

1) Man lieſt in dem IX. Band der Memoires ſur les Chinois pag. 25. einen Brief des P. Annot, woraus man erſieht, daß man die erſchrecklichen Ueberſchwemmungen des Hoangho: oder Jauneflusſes dadurch verhindert hat, daß man ihm auf eine Strecke von 20 Meilen weit ein neues Bett ausgehoben hat.

Zwanzigster Abſchnitt.

Von der größten Waſſermenge, die ein Ableitungskanal fortführen kann.

387.

Die gegenwärtige Unterſuchung iſt von der größten Wichtigkeit. Will man beträchtliche Ländereien wäſſern, Mühlen betreiben ꝛc. ſo muß man Kanäle führen, welche ſo viel Waſſer liefern, als man zu den beabſichteten Vortheilen oder Wirkungen nöthig hat.

Die Ableitungskanäle werden gewöhnlich oberhalb einem Damm, welcher den Fluß verſperrt, angelegt. Dieſe Vorſicht iſt nothwendig, wenn die Waſſerhöhe einer beträchtlichen Verminderung unterworfen iſt, weil man auf ſolche Art die Waſſer in einem Behälter in der erfoderlichen Höhe erhält.

Faſt allemal richtet man beim Anfang des Kanals zwo Säulen auf, die einen hinlänglich feſten Grund haben, und zwiſchen denen eine Schutzwand eingelaſſen wird, die man auf- und niederlaſſen kann, um das Waſſer in den Kanal zu laſſen oder es abzuſchlagen. Die Grundſchwelle bei dieſem Eingang in den Kanal muß ſo verwahrt ſein, daß ihr die Wirkung des Waſſers gar nicht ſchaden kann, und muß mit dem Boden des Fluſſes gleich hoch liegen.

Wir wollen annehmen, die Waſſer werden vor dem Eintritt in den Kanal beſtändig in gleicher Höhe erhalten, und ſie ſtröhmen nur vermöge des Drucks in den Kanal. Man begreift, daß ihre Bewegung unendlich verſchieden ſein könnte, wenn ſie ſchon vor dem Eintritt

eine

ne Geschwindigkeit erlangt hätten, da sie sich hingegen n ersten Fall gradezu durch die Theorie bestimmen läßt.

388. Wenn die Breite des Kanals und die Höhe r Wasserfläche über dem Boden gegeben sind, so nimmt an (§. 151.) $\frac{2}{3}$ dieser Höhe; man sucht die hierzu gehörige Geschwindigkeit, die man mit der Fläche des Querschnitts multiplicirt; und das Produkt wegen der Zusammenziehung, um ein Drittheil vermindert, gibt ie Wassermenge, welche dieser Kanal in jeder Sekunde bführt. (§. 213.)

389. Wenn bei dem Anfang des Ableitungskaals solcher eine größere Breite hätte, so wäre die Zuammenziehung kleiner und die abfließende Wassermenge röser. Eine solche Erweiterung hat die Wirkung koischer Röhren, welche man an Behältern anbringt.

390. Wenn wir voraussetzen, daß das Wasser ur vermöge des Drucks in den Kanal trete, so geschieht olches nothwendig durch einen Fall. Je freier dieser all erfolgt, desto größer ist die durch den Eingang tretende oder durch den Kanal fließende Wassermenge. Um as Maximum zu erhalten, muß das Gefälle unterhalb em Eingang so beschaffen sein, daß solches den Abfluß es Wassers nicht verzögert. Wenn der Boden des Kaals wagrecht ist, oder wenn häufige Hindernisse die Bewegung des Wassers verzögern, so muß sich seine Oberfläche erheben; es muß alsdann nach dem Eingang zurücktreten, dem freien Fall mehr hinderlich fallen, und olglich die im Kanal abfließende Wassermenge vermineert werden. Dieser Abfluß muß desto geringer sein, e geringer der Unterschied zwischen der Wasserhöhe im Kanal und der im Fluß ist. Man kann ihn nur beiläufig

sig kennen lernen, indem man nämlich die mittlere Geschwindigkeit des Wassers mittelst schwimmender Körper bestimmt.

391. Der beim Eintritt in die Kanäle entstehende Fall 1) kann das Ausfressen ihres Bodens befördern; da-

1) Hr. v. Buat sagt, man könne dem Kanal das nämliche Gefälle lassen, und dem Wasser die Freiheit zu fallen benehmen, ingleichem die Zusammenziehung verhindern, indeß man ihm einen stärkern Abfluß verschaffe. Das Mittel, welches er hierzu angibt, besteht darin, daß man den Kanal bei seinem Eingang erweitern solle. Wir haben gesehen, daß konische Mündungen, an Gefäßen angebracht, den Ausfluß durch Aufhebung oder wenigstens Verminderung der Zusammenziehung vergrößern. Die Erweiterung des Eintritts in den Kanal ist ein ähnliches vorzügliches Mittel, die Zusammenziehung zu verhindern; sie dient zur Verstärkung des Abflusses: aber die Entstehung des Falls kann sie nicht verhindern, und es kann solches nicht geschehen, ohne zugleich den Abfluß zu schwächen.

Wenn der Kanal ein Gefälle hat, das groß genug ist, um die Wassermasse, welche der freie Fall durch den in der Weite des Kanals angenommenen Eingang liefern könnte, frei ablaufen zu lassen, so müssen diese Wasser gleich anfangs einer beschleunigenden Bewegung folgen; und wenn man die Sorgfalt gehabt hat, an solcher Stelle den Boden des Betts auszupflastern, so wird man in einiger Entfernung gewahr werden, daß die Höhe der Querschnitte, nachdem sie um so viel, als die durch den Fall hervorgebrachte mittlere Geschwindigkeit erfodert, abgenommen haben, hiernächst so lange anschwillt, bis die gleichförmige Bewegung hergestellt ist. Wenn aber das Gefälle des Kanals nicht groß genug wäre, um den Wassern, welche der Fall liefert, Abfluß

zu

durch aber, daß man ſolchen dauerhaft auspflaſtern
ßt, beugt man dieſem üblen Erfolg vor.

392. Wenn der Fluß von geringer Beträchtlich-
it, und der Eingang in den Kanal in Vergleichung
it der Waſſermenge, welche von demſelben aufgenom-
en werden kann, ſehr groß wäre, ſo würde die (§. 388.)
ſtimmte Waſſermenge zu ſtark herauskommen. Man
ht, daß ſie bis auf den Fall abnehmen könnte, wo
e Waſſer mit einem Fall ſo in den Kanal treten, als
nn ſie durch den Ausgang eines vollen Behältniſſes
ng frei herausſchöſſen. Die Zuſammenziehung fiele
dann weg, aber die Geſchwindigkeit würde um die
älfte verkleinert.

Eine

zu verſchaffen, ſo kann der Fall nicht volle Freiheit ha-
ben; und wenn man den Abfluß des Kanals verſtärken
will, ſo muß man die Waſſer im Fluß vermittelſt eines
Damms oder eines Behältniſſes *) hoch genug in die
Höhe treiben. Man ſieht aber, daß im erſten Fall eine
Erweiterung, die größer als diejenige iſt, welche zur
größtmöglichen Verminderung der Zuſammenziehung er-
fodert wird, unnütz wäre, und daß im andern Fall dieſe
Erweiterung, ohne die Erbauung des Behältniſſes **)
im Fluß nichts zur Verſtärkung des Abfluſſes beitragen
würde. Der Nutzen der Erweiterung iſt alſo ſehr ein-
geſchränkt, indeß ihre üblen Folgen bei allen Flüſſen,
welche Ueberſchwemmungen unterworfen ſind, und ein
ſtarkes Gefälle haben, ſehr zahlreich ſind. Wenn der
Eingang in die Kanäle eine Richtung hätte, die nicht
viel

*) Ohne Zweifel ſollte hier reverſoir ſtatt reſervoir ſtehen.

**) du reſervoir ſollte ohne Zweifel wieder heißen du re-
verſoir (des Wehrs).

Eine Abhandlung über die Ableitungskanäle, worin auf alle einzelne Umstände, die auf ihre Anlage und auf ihren Nutzen Bezug haben, Rücksicht genommen würde, müßte ihren sehr großen Nutzen haben. Ich habe hierzu schon ziemlich beträchtliche Materialien gesammlet, und werde solche zu einem besondern Werk benutzen. Gegenwärtig begnüge ich mich, nur zu erinnern, daß man sich wohl hüten muß, die Theorie des Gulielmini auf die Bestimmung der Wassermenge anzuwenden, welche die Kanäle fortführen können, wenn solche ein geringes Gefälle haben. Der wirkliche Abfluß würde weit geringer sein, als der auf solche Art berechnete. Eine andere höchst wichtige Bemerkung, die man immer vor Augen haben muß, besteht darin, daß man denen

viel von der des Strohms verschieden wäre, so könnten die Wasser, indem sie bei Fluthzeiten in zu großer Menge hineintreten, viele Beschädigungen anrichten, und bei nicht so schädlichen Lagen würde der zu solcher Erweiterung bestimmte Platz beständig zugeführt werden. Die beste Einrichtung, welche man nach der Erfahrung den Eingängen der Kanäle geben kann, besteht darin, I) daß man da, wo man solche anbringt, den Lauf der Flüsse möglichst verengt, so daß hier eine bleibende Vertiefung entstehe, und daß der Boden vom Bett dieser Flüsse niedriger sei, als der in den Kanälen. II) Daß man den Eingang dieser Kanäle so lege, daß er außer der Richtung der Strohmwasser liege, damit solche nur vermöge des Drucks in denselben treten; man ist alsdann versichert, niemalen Kiesel in den Kanälen anzutreffen, wo sich überhaupt nichts Fremdes absetzt, wenn man den Wassern ein hinlängliches Gefälle verschafft, das desto größer sein muß, je mehr Unreinigkeit die Wasser mit sich führen.

denen von Flüſſen, welche unreines Waſſer führen, abgeleiteten Kanälen Gefälle genug geben müſſe, damit ein ſolches Waſſer dergleichen mitführende Unreinigkeiten ſchwebend zu erhalten vermögend bleibe.

Außerdem, daß die ſchwammichten Theile, welche hiernächſt über denen damit bewäſſerten Ländereien ausgebreitet werden, ſolche fruchtbar machen würden, wäre man auch der Arbeit überhoben, die Kanäle auszuräumen, und die ſich ſonſt darin anſetzenden Materien würden nicht einen wegen Mangels an Gefälle ohnehin ſchon zu ſchwach gewordenen Abfluß noch vermindern. Man trifft in der Provence ein höchſt wichtiges Werk von dieſer Art an, das die eben von mir erwähnten Fehler beiſammen hat, und das niemalen ſo nützlich werden wird, als es hätte ſein können. Es iſt zu bedauern, daß der geſchickte Baumeiſter, welcher gegenwärtig die Aufſicht darüber hat, nicht gleich anfangs hierzu erwählt worden war.

Ein und zwanzigſter Abſchnitt.

Vom Austrocknen der Sümpfe.

393.

Dieſe Unterſuchung erfoderte allein ſchon einen ſtarken Band, es iſt daher auch unſere Meinung gar nicht, dieſen Gegenſtand hier zu erſchöpfen; wir ſchränken uns nur auf die Anführung der allgemeinſten Regeln um ſo mehr ein, als dieſer Gegenſtand, wobei es mehr auf die Ausübung als auf Spekulationen ankommt, und die ſo unendlich verſchiedenen Umſtände dem Verſtand und Fleiß großer Baumeiſter ein ſehr weites Feld offen laſſen.

Es

Es ereignet ſich, daß große Ländereien überſchwemmt und zum Ackerbau untauglich gemacht werden, indem ſich die Waſſer eines benachbarten Fluſſes leicht ausbreiten können. Oft wendet man in ſolchem Fall die Beſchädigungen, welche dieſe Waſſer anrichten, durch Aufführung ſolcher Dämme ab, welche ſie nicht überſteigen können.

Wenn ſtehende Waſſer, die eine beträchtliche Strecke bedecken, beſtändig höher lägen, als das Bett eines benachbarten Fluſſes oder des Meeres, ſo wäre es leicht, ſolche durch Kommunikationskanäle mit ſolchem Fluß oder mit dem Meer abzuzapfen. Aber in Zeiten, wo die Flüſſe anlaufen, erhebt ſich die Oberfläche der Waſſer in den Flüſſen, und in dem Meer zur Zeit ſeiner Fluth; und es iſt möglich, daß unter dieſen Umſtänden Kanäle, welche zum Abfluß ſtehender Waſſer beſtimmt ſind, eine Wirkung haben, die der erwarteten grade entgegengeſetzt ſind, und die Ländereien, welche man verbeſſern will, noch mehr überſchwemmen. Man kann dieſen üblen Folgen nur dadurch begegnen, daß man Schleuſen erbaut, welche alle Gemeinſchaft zwiſchen den Austrocknungskanälen und den Flüſſen oder dem Meer für die Zeit abſchneiden, wo ihre Waſſer denſelben zufließen könnten.

Wenn eine Gegend beſtändig tiefer liegt, als die Oberfläche der benachbarten Flüſſe oder des Meeres, ſo iſts ſehr ſchwer, ſolche auszutrocknen. Gleichwohl iſt ein beträchtlicher Theil von Holland in dieſem Fall. Es war daher die volle Anſtrengung eines arbeitſamen Volks nöthig, um Ländereien fruchtbar zu machen, die nur beſtimmt ſchienen, auf immer überſchwemmt zu bleiben. Die Waſſer, welche da zuſammentreten, werden durch hydrau-

)draulische Maschinen in Kanäle gehoben, und leisten
ırch ihren Abfluß großen Nutzen; sie verstatten die
)nellste und leichtste Gemeinschaft, und befördern auf
lche Art den Handel und jedes Gewerbe.

Man kann auch sumpfichte Gegenden durch Erhö-
ıng ihrer Oberfläche austrocknen. Dieses hat keine
chwierigkeit, wenn man Flüsse beileiten kann, welche
ılen Sand und Erdtheile bei sich führen. Man er-
chtert diese Anhägerungen auf vielerlei Weise, vorzüg-
h wenn man in einer gegen den Lauf des Strohms
ıkrechten Richtung Dämme errichtet, welche die Was-
: auffangen, ihre Bewegung hemmen, und sie also
thigen, ihre mitgeführte Materien abzusetzen. Man
acht diese Dämme von Erde und bedeckt sie mit Rasen.

Die Anhägerungen, welche die Flüsse bewirken,
ıh um so viel beträchtlicher, je tiefer die Ableitungeka-
le sind. Die niedrigsten Wasser führen nämlich bei
luthzeiten die beträchtlichsten Materien bei sich. Man
rf auch, wenn eine Gegend hinlänglich erhöht ist, nur
: obern Wasser dahin leiten, weil solche schlammichter
ıh zur Verbesserung des Bodens, über den sie sich
sbreiten, geschickter sind.

Statt Dämme aufzuführen, kann man auf der
ächs, die man austrocknen und durch die Ueberschwem-
ungen erhöhen will, viele Bäume pflanzen, die das
Wasser lieben. Die vielen Aeste dieser heranwachsenden
äume fangen die Erdtheile auf eine gleichförmige Wei-
auf, und hemmen die Bewegung der Wasser noch
herer. Diese beiden Mittel können auch mit einander
reinigt werden, und unter sehr vielen Umständen er-
achsen aus ihrer Vereinigung die größten Vortheile.

Zwei und zwanzigster Abschnitt.

Von den Brücken.

394.

Ich werde mich nicht in die Lehre vom Brückenbau nach allen ihren einzelnen Zergliederungen einlassen, sondern mich nur auf die Erzählung der Umstände einschränken, unter denen ihnen das Wasser den Umsturz bedroht, und die Mittel anzeigen, dieser Gefahr zu entgehen. Die aufgemauerten Brücken müssen so gebaut sein, daß sie jedem Angriff Troß bieten können, und den Wassern einen freien Durchgang verstatten. Wenn man ihre Länge zu sehr abkürzt, so schränken sie da, wo sie erbaut werden, die Breite des Flusses zu sehr ein; sie wirken alsdann wie Dämme; sie machen, daß der Strohm rückwärts anschwillt; sie verursachen Ueberschwemmungen; und zuweilen leiden sie von der übermäßigen Last der Wasser, von mitgeführten Hölzern ꝛc. so sehr, daß sie einer solchen Gewalt nicht zu widerstehen vermögen und einstürzen. Man beugt dieser Gefahr vor, wenn man ihnen eine hinlängliche Länge gibt, die man gewöhnlich nach der Breite des Flusses in Fluthzeiten anordnet.

Wenn man inzwischen die Länge einer Brücke nur der Breite des Flusses gleich macht, so wird der Durchgang der Wasser noch um die gesammte Dicke der Brückenpfeiler verschwächt. Die Wasser werden also eben so abfließen, als wenn man den Fluß mit einem Damm versperrt hätte, dessen Länge der Summe aller Pfeilerdicken

ken gleich war. *) Die Brücke muß also den Fluß kwärts aufschwellen; unterwärts muß das Wasser in en Fall gerathen; es muß die Pfeiler ausspühlen, und den Umsturz bewirken.

Dieser Gefahr läßt sich begegnen, wenn man die eiler auf Felsen bauen kann; aber man trifft solche ht allemal im Flußbett auf einer geringen Tiefe an. ßerdem erfodert oft die Einrichtung der Straßen, daß solchen Stellen Brücken erbaut werden, wo sich keine lsen finden lassen. Man hat alsdann keine andere sflucht, als den Boden dadurch zu befestigen, daß m die Pfeiler auf Grundpfäle setzt, die man auf einer Weise und in gleicher Menge einrammen muß, da t, wenn sich die Anlage in der Folge senkt, solches inken überall auf gleiche Art erfolge, und kein Nach il daraus für die Festigkeit der ganzen Anlage erwach se.

In Ansehung der Gefahr, daß die Pfeiler unter hlt werden möchten, haben die Brücken nicht an al Stellen des Flusses gleiche Sicherheit. Man muß h wieder an das erinnern, was wir bei der Theorie n den Flüssen gesagt haben. Bei ihrem Ursprung schieht die Anhäufung ihrer Wasser schneller und be chtlicher; die Ueberschwemmungen sind daselbst ge hnlicher, und die Masse des Wassers in Vergleichung it der Größe des Betts größer: folglich sind die Ab lle des Wassers unterhalb der Brücke an solchen Orten

*) Eigentlich muß zu dieser Summe noch die Summe der Verminderungen addirt werden, welche die Breite des unter jedem Brückenbogen durchschießenden Wassers we gen der Zusammenziehung leidet.

beträchtlicher, und die Pfeiler leichter zu unterwühlen. Man muß alsdann die Pfeiler nicht nur auf Grundpfähle setzen, sondern eine solche Grundbefestigung auch unter den Brückenbögen fortsetzen. Diese Vorsicht wird um so viel nothwendiger, je geringer des Bodens natürliche Festigkeit ist. Wir haben in der Provence noch einige von den Römern erbaute Brücken über Bäche; man findet bei solchen unter den Bögen einen festen eingelegten Boden von Steinmassen, der bestimmt ist, die Ausfressung des Bodens und Ausspühlung der Pfeiler zu verhindern. Ich könnte mehrere Beispiele von Brücken anführen, die man mit großen Kosten erbaut hat, und welche nach starken Fluthen eingestürzt sind, weil die Pfeiler kein hinlänglich festes Grundlager hatten, die aber nachher, da man sie über einer nach ihrer ganzen Länge fortgesetzten hinlänglichen Grundbefestigung von neuem aufgeführt hatte, gegen die Gewalt der Wassers vollen Widerstand geleistet haben.

Je weiter man sich von dem Ursprung der Flüsse entfernt, desto weniger erfolgen die Anschwellungen plötzlich, und desto geringern Einfluß haben die Wasser auf die Ausfressung des Bodens. An solchen Stellen sind die Brücken dem Einsturz weniger ausgesetzt, wofern sie nur dem Wasser einen freien Durchgang verstatten. Diese letztere Bedingung ist allemal zu ihrer Erhaltung nothwendig: denn wenn die Wasser unter den Bogen nicht leicht abschießen könnten, so würden sie rückwärts anschwellen; sie müßten hiernächst plötzlich herabfallen, und die Pfeiler unterwühlen.

Hr. v. Parcieux bemerkt in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, daß Hrn. v. Regemorte

die

Erbauung einer Brücke über den Allier nur dadurch
ang, daß er ihr eine weit größere Länge gab, als die
aumeiſter, welche eben die Anlage gewagt hatten, und
ien ſolche mißlungen war. Man hat ſich alſo von
i Brücken allemal eine größere Feſtigkeit zu verſpre-
n, wenn man ſie an ſolchen Orten über die Flüſſe
rt, wo ſie am breitſten ſind. Dieſe Regel muß deſto
nger beobachtet werden, je ſtärkern Anſchwellungen
Flüſſe ausgeſetzt ſind, je größer ihre Geſchwindigkeit
, und je geringere Feſtigkeit der Boden hat, über den
flüßen.

Drei und zwanzigſter Abſchnitt.

Von den Dämmen.

395.

n manchen Fällen ſollen die Dämme bloß dienen,
ſtehende Waſſer aufzuhalten; in andern Fällen ſol-
ſie der Gewalt ſtrohmender Waſſer Widerſtand lei-
; ſie bedürfen alſo nicht allemal gleicher Feſtigkeit.

Erſter Fall.

396. Es ſtelle die lothrechte Linie A B (fig. 60.)
Höhe des Waſſers und die vordere der Gewalt des
aſſers ausgeſetzte Seite des Damms vor; ſo iſt nach
Geſetzen der Hydroſtatik ausgemacht, daß alle Punk-
des Damms von B bis in A nach einer horizontalen
chtung mit Kräften gedruckt werden, die den Gewich-
derer über ſolchen Punkten liegenden lothrechten Waſ-
äulen gleich ſind.

Wenn man C B = A B macht, das Dreiek C A B verzeichnet und mit C B Parallelen zieht, ſo können dieſe Parallelen die Höhen der Waſſerſäulen bedeuten, oder die Kräfte, welche die zugehörigen Stellen des Damms drucken. Wenn man annimmt, A B ſei eine Schutzwand, ſo kann ſolche dem Druck des Waſſers nur inſofern Widerſtand leiſten, als ſie von der andern Seite durch Kräfte, die dem Druck des Waſſers gleich ſind, auf die entgegengeſetzte Weiſe gedruckt wird. Man ſieht alſo, daß der Druck des Waſſers die Schutzwand um die Stelle A herumzudrehen ſtrebt, an der dieſer Druck verſchwindet.

397. Man macht die Dämme entweder nur von Erde oder von Mauerwerk, folglich aus Materien, die ſpecifiſch ſchwerer ſind als Waſſer. Dieſes iſt aber nicht die einzige Bedingung, welche ihre Feſtigkeit beſtimmt. Man gedenke ſich nämlich Steine in horizontaler Lage neben einander gelegt, deren Lagerplätze aufs vollkommenſte abgeebnet ſeien: wenn man dieſe Steine in horizontaler Richtung fortſtößt, ſo hat man bloß ihre Trägheit zu überwinden, und ſehr geringe Kräfte ſind ſchon hinreichend, ſolche fortzuſchieben. Aber ganz anders verhält es ſich, wenn ſich in den Lagerplätzen eben dieſer Steine Ungleichheiten finden, und wenn dieſe eine ſolche Lage haben, daß die hervorragenden Theilchen der einen Fläche in die Vertiefungen der andern eingreifen.

In dieſem Fall können die nach horizontaler Richtung wirkenden Kräfte dieſe Steine nicht anders in Bewegung ſetzen, als dadurch, daß ſie dieſe Art von Verkammung, welche ſie zuſammenhält, zerreißen; die Feſtigkeit eines Damms wird alſo deſto größer, je gro-

ßern

ſtern Zuſammenhang die Materialien, woraus der Damm gebaut wird, unter einander haben, und je größer die ſpecifiſche Schwere dieſer Materialien iſt.

Die Kraft des Zuſammenhangs iſt nicht bei allen Arten von Erden und Mauerwerk einerlei: aber ſie mag ſein wie ſie will, da der Druck des Waſſers den Damm nach horizontalen Richtungen zu zerreißen ſtrebt, und die Gewalt, welche derſelbe ausübt, in arithmetiſcher Progreſſion abnimmt, ſo muß der Widerſtand des Damms von der unterſten bis zur höchſten Stelle deſſelben nach dem nämlichen Geſetz abnehmen. Die Geſtalt des Damms muß alſo, wenn ſolcher aus einer gleichartigen und gleichmäßig widerſtehenden Materie beſteht, die eines Dreiecks ſein.

398. Um die Dicke des Damms an ſeiner Grundfläche zu beſtimmen, müßte man aus der Erfahrung die Kraft kennen, welche erfoderlich wäre, um den Zuſammenhang einer beſtimmten Maſſe ſolcher Materie, woraus der Damm aufgeführt wird, zu heben. Wir wollen anfänglich annehmen, dieſer Zuſammenhang verhalte ſich bei jeder Materie, wie ihre ſpecifiſche Schwere; wenn nun p die ſpecifiſche Schwere des Waſſers bedeutet, P die ſpecifiſche Schwere der zum Damm erwählten Materie, a die Breite eines beſtimmten Dammſtücks, b deſſen Höhe, x ſeine Dicke an der Grundfläche, ſo muß ſich die Maſſe des Damms zur Maſſe des Waſſers, welches ſolchen zu zerſtöhren ſtrebt, umgekehrt verhalten wie ihre ſpecifiſchen Schweren. Es iſt aber die Waſſermaſſe, welche gegen den Damm druckt, $= \frac{ab^2}{2}$, und

die Maſſe des Damms $= \frac{abx}{2}$. Man hat alſo $p : P = \frac{abx}{2} : \frac{ab^2}{2} = x : b$. Beſteht der Damm aus Mauerwerk, und iſt alsdann $p : P = 7 : 12$, ſo erhält man, wenn $b = 18$ Fuß genommen wird, $x = 10\frac{1}{2}$ Fuß.

399. Es iſt kein Zweifel, daß der Widerſtand, den das Mauerwerk leiſten kann, größer iſt, als ihn die Beſtimmung aus der Verhältniß ihrer ſpecifiſchen Schwere zu der ſpecifiſchen Schwere des Waſſers gibt. Wir wollen ihn, wie man ihn aus einer Menge von Beobachtungen herleiten kann, doppelt ſo groß annehmen: ſo erhält man für den Fall des Gleichgewichts, x oder BO nur $= 5\frac{1}{4}$ Fuß. Man muß aber bemerken, daß, wenn gleich der Damm nur beſtimmt iſt, ſtehende Waſſer aufzuhalten, ſolcher doch durch die Wirkung der Luft und des Waſſers, das er aufhält, Veränderungen unterworfen iſt: die Klugheit erfodert alſo, daß ſeine Feſtigkeit doppelt ſo groß ſei als die, welche das Gleichgewicht erfodert.

Man bedient ſich daher in der Ausübung der Beſtimmung des vorhergehenden §. für die Stärke des Damms an ſeiner Grundfläche; wenn man aber die vordere Fläche bis in O herabgehen läßt, ſo führt man von da bis zur höchſten Stelle des Damms ſolchen nicht ſcharf zu, ſondern ſo, daß er zu oberſt eine angemeſſene Breite erhalte, die für jede Lachter, welche die Höhe des Damms hält, $1\frac{1}{2}$ Fuß betragen kann.

400. Bei Dämmen, die aus bloßer Erde beſtehen, befolgt man in Anſehung der Dammbreite an der Grund-

Grundfläche die nämliche Beſtimmungsart; nicht etwa, weil ſolche eben den Widerſtand wie die von Mauerwerk leiſten könnten, ſondern weil ſie ſich beſſer als dieſe erhalten.

Man gibt ihnen am obern Theil eine größere Dicke, und man thut ſogar ſehr wohl, wenn man ſie auspflaſtert. Ich ſetze voraus, daß ſeine vordere dem Waſſer ausgeſetzte Wand mit kleinem Geſtein überſchüttet iſt; denn wenn er nicht auf ſolche Art bedeckt wäre, ſo müßte der Damm zu unterſt eine größere Breite haben; und dieſe Vergrößerung müßte deſto beträchtlicher ſein, je weniger Zuſammenhang die Erdart hätte, welche zu dem Damm genommen wird. Die Böſchung der Dämme von Erde hat gemeiniglich die Hälfte ihrer Höhe, wenn die äußeren Flächen dieſer Abdachungen nicht mit Geſtein überſchüttet ſind.

401. Wir haben (§. 397.) die Geſtalt des Damms für den Fall des Gleichgewichts angegeben, und unter der Vorausſetzung, daß die gegen das Waſſer gerichtete Dammfläche eine lothrechte Lage habe. Nun wollen wir annehmen, bei den nämlichen Abmeſſungen des Damms ſei A O die der Wirkung der Waſſer ausgeſetzte Dammfläche. Es iſt ausgemacht, daß in beiden Fällen der Damm einerlei Druck nach horizontaler Richtung leidet, und daß ſolcher gleichen Widerſtand leiſtet: aber nach den Geſetzen der Hydroſtatik wird der Damm von dem Waſſer ſowohl nach der vertikalen als nach der horizontalen Richtung gedruckt. Wenn man alſo annimmt, die vordere Wand A O (fig. 61.) ſei aus rechtwinklicht zugeführten kleinen abſatzweiſe über einander gelagerten Steinchen aufgeführt, ſo ſieht man offenbar, daß die Flächen dieſer Steine, welche mit A B parallel

laufen, einen eben ſo großen Druck als A B leidet; es leiden aber zugleich die mit B O parallelen Flächen einen eben ſo großen Druck als A B, wenn B O = A B. Dieſer letztere Druck iſt aber der Feſtigkeit des Damms beförderlich; er hat den nämlichen Erfolg, als wenn man bei Erbauung des Damms eine Materie gebraucht hätte, deren ſpecifiſche Schwere ſo groß wäre, als die Summe der ſpecifiſchen Schwere, die ſie wirklich hat, und derjenigen, welche die Waſſermaſſe hat, welche in lothrechter Richtung auf den Damm druckt. Man ſieht hieraus, daß es vortheilhaft iſt, denjenigen Theil des Damms, der die Abdachung hat, gegen das Waſſer zu wenden; und wenn man die Verhältniß kennte, nach welcher die Vergrößerung der ſpecifiſchen Schwere einer Materie den Zuſammenhang ihrer Theile vergrößert, ſo wäre es leicht, die krumme Linie A I O zu ziehen, deren Geſtalt die vordere dem Waſſer entgegengeſetzte Fläche des Damms erhalten müßte.

Bei einerlei Höhe des Damms muß er einen deſto größern Widerſtand entgegenſetzen, je ſtärker ſeine Böſchung iſt. Dieſes iſt offenbar, weil der lothrechte Druck in eben der Verhältniß wächſt, wie die Grundlinie B O. Es erhellet alſo, daß ein weſentlicher Vortheil daraus erwächſt, wann man diejenige Seite der Dämme gegen das Waſſer kehrt, welche die größte Böſchung hat. Aber dieſer Erfolg hat gleichwohl ziemlich enge Grenzen, und man kann ihn nur bei Dämmen von Erde in Anſchlag bringen; denn da man denen, die von Mauerwerk aufgeführt werden, nicht mehr als $\frac{1}{2}$ ihrer Höhe zur Böſchung gibt, ſo kann der Druck des Waſſers ihren Widerſtand nicht viel vergrößern. Außerdem

m iſt dieſer Vortheil auf Dämme eingeſchränkt, die inen Rückhalt haben, und bei den Ufern der Flüſſe ßt er ſich nicht anwenden. Bei dieſen iſt es zur Dauer s Betts nicht nöthig, daß die Ufer abgedacht ſein; enn ſie nur nicht dem ſenkrechten Waſſerſtoß ausgeſetzt rd. Es iſt etwas ſehr gewöhnliches, daß die Ufer ſo il wie eine Mauer in die Höhe gehen, und doch wegen Veränderungen unterworfen ſind; dieſes kommt f die Gebirgsart an, woraus ſolche beſtehen.

402. Die Teichdämme müſſen ſo beſchaffen ſein, ß die Waſſer nicht durch ſie durchſeigern können; dien Umſtand muß man zuvorkommen, weil er die Dämme beſchädigt und endlich zu Grund richtet. Bei aufmauerten Dämmen erreicht man dieſe Abſicht, wenn an für dauerhafte Grundbefeſtigungen ſorgt, und bei dämmen von Erde, wenn man ſolche wohl zuſammenmpft und recht gut verarbeiteten Thon dabei gebraucht. uweilen hat man bei den Dämmen eine doppelte Abht; ſie ſollen die Waſſer zurückhalten, und zugleich m Weg dienen; man gibt ihnen alsdann eine viel ößere Breite.

Zweeter Fall.

403. Nachdem man die Abmeſſungen der Dämme für bloß ſtehende Waſſer beſtimmt hat, ſo muß man lche auch für die Fälle angeben, wo ſolche der Gewalt röhmender Waſſer ausgeſetzt ſind. Es können aber e Dämme entweder dem ſenkrechten oder nur dem ſchien Stoß des Stroms ausgeſetzt ſein, und ſie können em ſtröhmenden Waſſer nur eine lothrechte Wand oder ne ſtark abgedachte Fläche entgegenſetzen.

Man

Man weiß aus der gemeinen Theorie vom Stoß flüßiger Massen, daß die Verhältniß des senkrechten Stoßes gegen eine ebene Fläche aus der Verhältniß der Fläche des Quadrats von der Geschwindigkeit der flüßigen Masse und der Verhältniß des Sinus des Anstoßwinkels zusammengesetzt ist. Man ersieht auch aus nachstehenden von Hrn. v. Bouguer entlehnten Tafel die Stärke des Wasserstoßes.

Stärke des Wasserstoßes auf die Ebene eines Quadratfußes, welche senkrecht getroffen wird.

Geschwindigkeit in einer Sek.	Stärke des Stoßes.		Geschwindigkeit in einer Sek.	Stärke des Stoßes.	
1 Fuß.	1 ℔. 3 Unz.		13 Fuß.	203 ℔. 0 Unz.	
2	4	13	14	235	0
3	10	12	15	270	0
4	19	3	16	300	0
5	30	0	17	334	0
6	43	0	18	389	0
7	59	0	19	434	0
8	75	0	20	480	0
9	97	0	21	529	0
10	120	0	22	580	0
11	145	0	23	635	0
12	172	0	24	688	0

Dieses vorausgesetzt, wollen wir die Verstärkung der Dicke bestimmen, welche man einem dem Stoß des Wassers ausgesetzten Damm im schlimmsten Fall geben muß, d. i. wann seine gegen das Wasser gekehrte Fläche lothrecht liegt, und vom Wasser in senkrechter Richtung getroffen wird.

Es

Es betrage die Geſchwindigkeit des Waſſers 8 Fuß in einer Sekunde, das Gewicht, welches in der Tafel den zu dieſer Geſchwindigkeit gehörigen Waſſerſtoß ausdruckt, ſind 75 Pfund, alſo um 5 ℔ größer als das Gewicht eines Kubikfußes Waſſer. Es müſſen alſo im gegenwärtigen Fall, die Höhe der fortſtröhmenden Waſſer mag wie ſie will ſein, die Dämme eine angemeſſene Feſtigkeit haben, wenn man ihnen eine Dicke gegeben hat, die hinlänglich iſt, dem bloßen Druck der Waſſer zu widerſtehen, wenn dieſe Waſſer um einen Fuß höher wären als der Damm. Man hat aber geſehen, daß die Dicke, welche man den Dämmen gibt, gewöhnlich doppelt ſo groß als diejenige war, welche für den Fall des Gleichgewichts erfodert würde. Gewöhnlich können alſo Dämme, welche nur gegen ruhigſtehende Waſſer aufgeführt worden ſind, auch der Wirkung ſtröhmender Waſſer vollkommenen Widerſtand leiſten, wenn ihre Geſchwindigkeit nicht über 8 Fuße in einer Sekunde beträgt.

In den ſchnellſten Flüſſen geht die Geſchwindigkeit des Waſſers nicht über 11 Fuß in einer Sekunde. In dieſem Fall hätte man, wenn man auf die Stärke des Stoßes Rückſicht nähme, den Dämmen eine Dicke geben müſſen, die dem Druck ruhigſtehenden Waſſers hätte widerſtehen können, wenn ſolches um 2 Fuß höher als der Damm wäre.

Man ſieht alſo auch noch in dieſem Fall, daß die Dicke, welche man den Dämmen noch zu der für den Fall des Gleichgewichts erfoderlichen zulegt, auch bei den reißendſten Ströhmen eine hinlängliche Feſtigkeit gebe, ſo ſtark auch immer die Waſſer gegen die Dämme ſtröhmen mögen. Es iſt überdas was Seltenes, daß die

Däm-

Dämme von dem Lauf des Strohms grade in ſenkrechter Richtung getroffen werden; und wenn ſolche dem Lauf des Waſſers parallel zu liegen kommen, ſo haben ſie nur eben den Druck von Waſſer auszuhalten, als wenn ſolches in ganz ruhigem Stand wäre. Endlich haben die Dämme allemal eine Böſchung, und dieſe Böſchung hilft die Wirkung des Stoßes vermindern. Es iſt leicht, die Wirkung des Waſſerſtoßes auf obgedachte Dammflächen zu beſtimmen, und man findet aus den ganz bekannten mechaniſchen Grundlehren, daß bei einer beträchtlichen Abdachung derjenige Theil von der Wirkung des Waſſerſtoßes, welcher der Feſtigkeit des Damms zu ſtatten kommt, größer iſt als derjenige, welcher denſelben zu zerſtöhren ſtrebt.

404. Wenn die Dämme an Flüſſen erbaut wären, die große Eismaſſen, Balken ꝛc. mit ſich führen, ſo müßten ſie eine größere Feſtigkeit haben. Balken von 10 bis 12 Centner, welche gegen einen Damm mit einer Geſchwindigkeit von 8 bis 10 Fußen in einer Sek. anſtießen, würden einen ganz andern Einfluß auf die Zerſtöhrung des Damms haben, als wenn ſolcher nur der bloßen Wirkung der Waſſer ausgeſetzt wäre.

405. Um einen Damm hinlängliche Haltbarkeit zu verſchaffen, iſt es nicht genug, daß ſolcher den Druck und Stoß des Waſſers Widerſtand leiſten könne; es wird auch erfodert, daß ſein Grund nicht muß angegriffen werden können. Wir haben gewieſen, wie Hinderniſſe den Strohm rückwärts aufſchwellen, und dadurch einen plötzlichen Abfall des Waſſers bewirken, und folglich die Ausfreſſung des Bodens befördern, wenn ſolcher nicht dargegen hinlänglich verwahrt iſt. Es iſt alſo begreif-

ilich, daß die Dämme nach ihrer ganzen Länge um mehr unterwühlt werden können, je mehr sie der Rich- ig des Strohms ausgesetzt sind, je schneller die Waſ- zuſammentreten, und je beträchtlicher ihr Fall nach n Stoß iſt.

Am meiſten ſind dieſem Zufall die Enden des amms ausgeſetzt, wenn ſolcher ohne einen Rückhalt i da ſteht, oder dasjenige Ende, welches dem Strohm i nächſten liegt. Dieſer Erfolg iſt um ſo viel gewiſ- , je mehr der Damm zur Anſchwellung der Waſſer getragen hat. Es erfolgt an dieſem Ende ein beſtän- es Fallen, folglich eine immer fortdauernde Urſache Beſchädigung des Damms, ſo lange die Anſchwel- ig fortdauert.

So oft die Waſſer allmählig zuſammentreten und die Dämme ſtoßen, können ſie an dem Ort, wo ſol- aufgeführt ſind, den Boden nicht anfreſſen, wenn keinen Fall machen: aber an ihrem Ende kann die- Erfolg gar nicht ausbleiben. Es iſt etwas ſehr ge- hnliches, Dämme, die auf dieſe Art angegriffen wor- i ſind, anzutreffen, welche nach und nach völlig zu und gerichtet werden.

Man muß daher auf feſtem Boden oder auf Grund- ihlen Dämme von Mauerwerk aufführen, und, um che noch mehr zu ſichern, kann man dem Fluß auf- irts Krippen anlegen, welche die Waſſer abhalten, ß ſie ihren Grundbefeſtigungen nicht zu nahe treten nen. Was die Dämme von Erde betrifft, ſo kann n dem Fluß aufwärts und ganz nahe am Ende der bdachung zwo Reihen von Pfählen einſchlagen, die n gehörig verzäunt und mit einander verbindet: aber

die

die Enden dieſer Dämme verdienen das vorzüglichſte Augenmerk; man kann den Boden durch Pfähle verwahren, und die vordere Fläche des Damms mit Steinen oder Holz bedecken.

406. Die Dûrance und verſchiedene Ströhme, die ſolcher zufließen, fließt über ein Bett, das zuweilen ſehr ausgebreitet und von Natur mit abgewälzten Kieſeln bedeckt iſt. Auf den meiſten benachbarten grandichten Hügeln findet man Muſchel- und Schneckenverſteinerungen, die ſich beinahe ſo leicht ſchneiden als der Tophſtein, und die man in ſo großen Stücken erhalten kann, als man verlangt.

Die gewöhnliche Geſtalt dieſer Stücke iſt ein Parallelepipedum von 4 bis 5 Fuß in die Länge, und 1½ bis 2 Fuß hoch und breit. Wenn man Dämme aufführen will, ſo überlegt man nur ganz einfach den Grund mit einer Lage von dieſen Steinmaſſen; über dieſe legt man wieder eine andere, und führt auf ſolche Art eine Mauer von größerer oder minderer Höhe auf, je nachdem es die Umſtände erfodern. Nicht allemal begnügt man ſich mit einer einzigen Steinlage für die Dicke der Dauer; es gibt Dämme, wobei ſich dieſe Dicke auf 2 Lachter erſtreckt.

Wann einer von den Hauptſtröhmen des Fluſſes gegen dieſe Maſſen anſtößt, ſo führt er ſolche nicht weg, ſondern er unterwühlt ſie. Wenn dieſe Vertiefung noch mehr ausgehoben wird, ſo ſtürzen die Steine an der vordern Seite des Damms ein und werden völlig zerſtreut. Da die Vertiefung nach und nach entſteht und vornen anfängt, ſo behalten die Steine in dem übrigen Theil des Damms beim Sinken nicht einerlei Lage gegen ein-

einander; ſie gleiten ab, neigen ſich gegen den Strohm, und werden endlich über eine Fläche verſchoben, die gröſſer iſt als die, worauf ſie anfänglich ſtanden. Wenn ein Damm auf ſolche Art zu Grund gerichtet worden iſt, ſo kann man mit keiner Zuverſicht auf ſeine Haltbarkeit rechnen, wenn man ihn zum andernmal auffährt; er erhält nicht eher eine vollkommene Dauer, als bis die Trümmer der vorigen Dämme von den Waſſern ſo tief als möglich verſenkt worden ſind, und denen aufzuführenden Dämmen zu einem feſten Grundlager dienen.

Wenn die Dämme durchaus, ſo weit ſie ſich erſtrecken, zugleich und um die ganze Tiefe, welche die Waſſer auswühlen können, nachſänken und die Steine dabei immer einerlei Lage gegen einander behielten, ſo wäre doch dieſe Bauart der Dämme weit koſtbarer, als wenn man ſich gleich ihrer Dauer durch die Befeſtigung ihres Grundes mit Pfählen verſicherte.

Was muß es nicht für übertriebene Koſten machen, wenn die Trümmer dieſer Dämme von den Waſſern zerſtreut werden, und denen Dämmen, welche über der vorigen Stelle von neuem aufgeführt werden ſollen, nicht zur Grundlage dienen können!

Man hat mir geſagt, daß die Kieſel, womit das Bett der Dürance überzogen iſt, nicht geſtatteten, Grundpfähle einzurammen; aber man irrt ſich. Das Bett des Var iſt eben ſo voller Kieſel, wie das von der Dürance. Als man zum Uebergang unſerer Truppen eine Brücke über dieſen Fluß bauen wollte: war man wegen der Einrammung der Grundpfähle in Verlegenheit? Man lieſt in der Architecture hydraulique, daß dieſe Grundpfähle ſogar wieder herausgezogen wurden, da

man den Gebrauch der Brücke nicht mehr nöthig fand. Ueberdas hat man, wenn Dämme über feſten Boden aufgeführt werden, gar nicht nöthig, ihnen eine ſo übertriebene Dicke zu geben, als ſie zuweilen haben, und man erſpahrt dadurch eine ſehr beträchtliche Menge an Materialien.

407. Ich kann mich nicht enthalten, ein Beiſpiel anzuführen, das beides zugleich beweißt, nämlich wie unnütz es iſt, den Dämmen eine gar zu große Dicke zu geben, und wie nöthig es im Gegentheil iſt, ſie über einem feſten Grund aufzuführen. Man wollte einen an den Ufern eines Fluſſes in dieſer Provinz angelegten Weg in Sicherheit ſetzen. Man führte ſogleich nach dem Lauf des Waſſers eine Mauer A B (fig. 62.) nur zu 18 Zollen dick auf, welche auf Felſen ruhte. Dieſe Mauer ſtand ganz frei, und ſollte als eine Kaiemauer und zur Feſthaltung des Erdreichs dienen; ſie war von abgewälzten Kieſeln aufgeführt, weil dieſes die einzigen Materialien waren, welche man bei der Hand hatte. Am Ende dieſer Mauer führte man einen aufgemauerten ſehr dicken Damm auf; er hatte die Geſtalt einer vierſeitigen abgeſpitzten Pyramide, und die Waſſer ſtröhmten ziemlich grad gegen ihn. Man baute ihn auf den Grand, und, um Auswühlungen zuvorzukommen, begnügte man ſich, gegen die der Wirkung der Waſſer ausgeſetzte Wandfläche große Steinmaſſen neben einander zu legen. Es erfolgte eine beträchtliche Anſchwellung; das Waſſer ſtieg bis über die Mauer A B weg, und wurde auf beiden Seiten angegriffen; ſie widerſtand, ohngeachtet der geringen Dicke, der Gewalt der Waſſer: aber die großen Steinmaſſen, welche die den Waſſern ausgeſetzte Dammfläche bedeckten, verſchwanden; ſie waren entweder mit fort-

rtgeriſſen, oder tief in die Erde verſenkt; der Grund, orauf der Damm ruhte, war auf eine Strecke von meh- ren Lachtern wegg führt, und der Damm war auf die- r ganzen Strecke zu Grund gerichtet.

Ich habe hin und wieder an den Ufern der Düran- Dämme von Erde geſehen, welche mit ziemlich klein eformten Steinen auf der Waſſerſeite begleitet ſind. Es t gewiß, daß, wenn ein nur einigermaßen beträchtli- er Strohm in grader Richtung gegen dieſe Dämme lngeſchoſſen wäre, ſolche hätten weggeriſſen werden müſ- n, weil ihre Begleitung nicht auf Grundpfählen, ſon- ern auf bloßem gemeinen Grand ruhte.

408. Ich laſſe mich nicht in die ausführliche Er- luterung der verſchiedenen Arten ein, die Dämme zu bauen; man hat verſchiedene trefliche Werke, die ſich ierüber zu Rath ziehen laſſen: 1) ich begnüge mich, ur Gründe anzuzeigen, worauf ſolche beruhen; für den- ende Köpfe braucht es nichts weiter.

Wenn die Flüſſe in grader Richtung fortgeführt ären, ſo bedürfte es keiner gar großen Aufmerkſamkeit, m ſie in einer bleibenden Lage zu erhalten. Die Bäu- ne oder Geſträuche, welche man an ihren Ufern in gro- er Menge pflanzen könnte, wären für die Waſſer als- ann oft unüberſteigliche Hinderniſſe; aber ſo wie die lfer der Gewalt der Ströhme mehr oder weniger ausge- ſetzt

1) De la conſtruction des digues par M. M. Boſſut & Vialet. *)

*) Und Wem ſind unter den Deutſchen die Schriften deren Herren Brahm, Hunrich, Silberſchlag, v. Cancrin u. a. m. unbekannt?

ſetzt ſind, ſo werden ſie mehr oder weniger angegriffen; die Breite des Betts geht nicht mehr gleichmäßig fort, und man bemerkt an denen Stellen, welche dem Stoß der Waſſer ausgeſetzt ſind, Vertiefungen. Um Vertiefungen auszufüllen oder Anhägerungen abzuführen, legt man Dämme an. Die Umſtände beſtimmen die Lage, welche man ihnen geben muß. Der glückliche Erfolg ſolcher Anlagen hängt vorzüglich von den Einſichten derer ab, die ſie erbauen.

Ueberhaupt, wenn man eine Vertiefung auszufüllen hat, ſo baut man nicht an dieſer Vertiefung ſelbſt, oder unterhalb derſelben dem Waſſer entgegen, ſondern man muß ſolches oberhalb zu bezwingen und abzulenken ſuchen. Man muß ſich Mühe geben, an dem gegenüber liegenden Ufer alle Hinderniſſe wegzuſchaffen, welche dem Zweck der Anlagen am andern Ufer entgegen ſeyn könnten.

409. Die Höhe, welche man den Dämmen geben kann, iſt nicht gleichgültig; je höher ſie ſind, deſto größer iſt die Hinderniß, welche ſie entgegenſetzen, und deſto beſſer beſtimmen ſie den Lauf der Waſſer in ihrer Nähe. Es iſt etwas ſehr gewöhnliches, daß ſie einen der Abſicht grade entgegengeſetzten Erfolg haben, wenn ſie von Leuten aufgeführt werden, welche die Wirkung ſtröhmender Waſſer nicht gehörig kennen. Man habe z. B. eine beträchtliche Strecke von grandichtem Boden, über die ſich die Waſſer eines Fluſſes bei Fluthzeiten ausbreiten können; wenn man nun dieſen Boden in urbaren Stand ſetzen, und durch ſtreckweis aufgeführte Dämme gegen Ueberſchwemmungen ſchützen will, ſo werden die Waſſer, welche vorhin ungehindert über dieſe Gegend weg-

egfloſſen, jetzt Vertiefungen und Krümmungen daſelbſt wirken, und zuweilen gar ſo weit kommen, daß dieſer oden beſtändig von ihnen bedeckt bleibt. Dieſer Erlg iſt bei großen Flüſſen faſt allemal unvermeidlich. bei ſolchen Umſtänden müſſen die Dämme ganz niedrig n, eine ſolche Lage haben, daß ſie nur die Anhägengen befördern, und nur nach und nach erhöht werden. ch habe an den Ufern der Dürance kleine Dämme geen, welche den Waſſern lange widerſtanden und Angerungen bewirkt hatten, da hingegen unter gleichen nſtänden höhere und feſter gebaut geweſene Dämme wiſchen weggeführt worden waren, und die Waſſer en Lauf dahin genommen hatten, wo dieſe Dämme ſtanden hatten.

Vier und zwanzigſter Abſchnitt.

Von den hydrauliſchen Maſchinen.

410.

Die Maſchinen können durch den Stoß des Waſſers, durch ſeinen Stoß und durch ſein Gewicht, end durch ſeine Rückwirkung *) betrieben werden.

*) Es iſt gewiß, daß das Waſſer durch ſeine Rückwirkung Maſchinen in Bewegung ſetzen kann; nur iſt es unrichtig, eine beſondere Art von Wirkung hieraus zu machen, und ſolche vom Druck und Stoß zu unterſcheiden. Sie iſt nichts anders als die Wirkung des Drucks, der auch die Waſſerſäulenmaſchinen in Bewegung ſetzt. Auch der Ausdruck: Gewicht, erſchöpft die Sache nicht. Bei oberſchlächtigen Rädern wirkt freilich das Waſſer nach ſeinem

Erſter Fall.

Nach der Theorie, welche man in allen hydrauliſchen Schriften antrifft, iſt die Verhältniß der Gewalt, welche zwo Ebenen von zween gegen ſie ſtoßenden Waſſerſtrahlen leiden, aus der Größe der Ebenen, den Quadraten der Geſchwindigkeiten beider Strahlen und den Quadraten des Anſtoßwinkels zuſammengeſetzt. Die Erfahrung ſtimmt ziemlich genau mit der Theorie überein, wenn der Stoß in ſenkrechter Richtung geſchieht; aber dieſe Uebereinſtimmung hört auf, ſobald der Stoß in ſchiefer Richtung erfolgt, weil, alles übrige gleich angenommen, die Wirkung des Stoßes bei weitem nicht in der Verhältniß der Quadraten der Sinuſſen abnimmt. Inzwiſchen kann man für ſolche Fälle, wo die Anſtoßwinkel groß ſind wie die, welche zwiſchen 50 und 90 Grad fallen, ſich in Ermangelung einer beſſern Theorie der gemeinen bedienen, um die Gewalt des Stoßes zu beſtimmen, nur mit der Bemerkung, daß dieſelbe den Stoß etwas geringer angibt als die Erfahrung, und zwar um ſo viel geringer, je mehr ſich der Anſtoßwinkel von

ſeinem wahren Gewicht, und ſo auch bei Waſſerſäulenmaſchinen, daferne die Fallröhre und das Kolbenrohr gleichen Durchmeſſer haben; ſind aber dieſe Durchmeſſer verſchieden, ſo weiß man, daß der Druck des Waſſers gegen den Kolben von dem Gewicht des gegen ſolchen wirkenden Waſſers ganz und gar verſchieden iſt. Alſo ſind die Waſſerſäulenmaſchinen, im Allgemeinen genommen, nicht unter des Hrn. Verf. Eintheilung hydraulicher Maſchinen begriffen. Ich würde daher lieber geſagt haben: die Maſchinen können theils durch den Stoß, theils durch den Druck des Waſſers betrieben werden.

von 90° entfernt. M. l'Abbe Boſſut, Reſiſtance des Fluides, pag. 176.

411. Die Theorie von Bewegung der Räder durch den Stoß des Waſſers *) iſt mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Man weiß inzwiſchen, daß dieſe Maſchine einen deſto größern Theil von der Geſchwindigkeit des anſtoßenden Strahls annimmt, je größer die Anzahl ihrer Schaufeln iſt; es verſteht ſich, daß man ihre Anzahl nicht ſo groß nehmen darf, daß die Räder dadurch zu läſtig werden. Es iſt auch bekannt, daß dieſe Maſchinen ihren größten Effekt leiſten, wenn ihr Umfang eine Geſchwindigkeit hat, die etwas weniges mehr als den Drittheil von der Geſchwindigkeit des anſtoßenden Waſſerſtrahls beträgt. **)

*) Mit andern Worten: der unterſchlächtigen Räder.

**) Dieſer Satz wird ſchwer durch die Erfahrung darzuthun ſein; er müßte durch viele ſorgfältig angeſtellte und wohlgeprüfte Verſuche bewieſen werden, und dann würde ſich bei den meiſten zeigen, daß nicht die größere Geſchwindigkeit an ſich Urſache eines größern Effekts iſt, ſondern daß mit ſolcher zufällige vortheilhafte Veränderungen in der Wirkungsart der durch das Rad zu betreibenden Maſchine verbunden ſind, ſo daß dieſe Maſchine ſich ihrer Vollkommenheit deſtomehr nähert, je ſchneller ſie betrieben wird. So kann z. B. eine unterſchlächtiges Rad, welches Pumpen betreibt, unter gewiſſen Umſtänden gar wohl die größte Waſſermenge auf einerlei Höhe bringen, wenn das Rad die halbe Geſchwindigkeit von der Geſchwindigkeit des anſtoßenden Strahls hat, nicht aber aus der Urſache, weil für dieſe Geſchwindigkeit der Effekt des Rads am größten wäre, ſondern weil die Pumpenkolben das Waſſer bei ſchnellem Gang beſſer heben

Um den Effekt dieſer Maſchinen zu berechnen, muß man einen Ausdruck für den Stoß haben, welchen das Waſſer ausüben kann. Was nun den unbegrenzten Waſſerſtrahl betrifft, das iſt einen ſolchen, welcher nach ausgeübtem Stoß gegen die Fläche zu den Seiten derſelben frei abſchießen kann, anbelangt, ſo iſt die Stärke des ſenkrecht gegen eine Fläche gerichteten Stoßes ſo groß als das Gewicht einer Säule dieſer flüßigen Maſſe, welche die angeſtoßene Fläche

Heben als bei langſamerm, oder weil durch 3 Umgänge des Rads in einer Minute nicht halb ſo viel Waſſer gehoben wird, als durch 6 Umgänge in einer Minute. Hieran iſt aber nur die zufällige Unvollkommenheit der Pumpen Urſache, die bei der größern Geſchwindigkeit des Rads weniger ſchadet, oder deſſen Effekt weniger vermindert. Man muß aber zum Beſten der Theorie bemerken, daß die Geſchwindigkeit der durch das Rad zu betreibenden Maſchine nach Willkühr eingerichtet werden kann, das Rad mag ſo langſam gehen als man will; ſo bewirkt z. B. die Vergrößerung des Kolbenhubs zugleich die Vergrößerung der Geſchwindigkeit des Kolbens; man iſt alſo allemal im Stand, dem Rad eine Geſchwindigkeit zu geben, bei der es den größten Effekt leiſtet, und doch zugleich der Maſchine, die es betreiben ſoll, einen ſolchen Gang zu verſchaffen, wobei dieſer größte Effekt die möglichſt geringſte Verminderung leidet. Es iſt alſo die Theorie vom vortheilhafteſten Gang des Rads allerdings von großem Nutzen. Der Hr. Verf. läßt ſich hier in dieſe Theorie gar nicht ein, daher ich auch die Bemerkungen, die ich über die gewöhnliche Theorie zu machen hätte, hier übergehe, und bei der demnächſt von mir erſcheinenden Ueberſetzungen der Boſſutſchen Hydrodynamik mittheilen werde.

Fläche zur Grundfläche, und die der Geſchwindigkeit der flüßigen Maſſen zugehörige Höhe zu ihrer Höhe hätte. 1) Dieſe Regel kann man bei Rädern, welche in Flüſſen in Bewegung geſetzt werden, beibehalten: 2) aber auf ſolche, welche in einem genau anſchließenden Gerinne laufen, paßt ſie nicht. Die Wirkung des Waſſers iſt alsdann größer, und ſie kann doppelt ſo groß als im vorigen Fall werden. Hiermit iſt nicht geſagt, daß, alles übrige gleichgeſetzt, die Kraft des Waſſers an ſich das einemal größer ſei als das anderemal; ſondern weil die Schaufeln dem Waſſer den freien Ausweg verſperren, ſo ſtaut ſich das Waſſer rückwärts, und wirkt auf dieſelben, ſowohl durch ſeine Geſchwindigkeit als durch ſeinen Druck. *)

1) M. Boſſut, Reſiſtance des Fluides. Chap. V. pag. 173.

2) Die Tafel über die Stärke des Waſſerſtoßes (§. 403.) bezieht ſich auf dieſe Regel.

*) Die verſchiedenen Wirkungen des Waſſerſtoßes, nachdem der Strahl begrenzt oder unbegrenzt iſt, hat hier der Hr. Verf. ganz unrichtig von einander unterſchieden. Es iſt zwar gewiß, daß die Leitung des Waſſers in einem Kropf, worin man das Rad laufen läßt, in der Ausübung ſehr vortheilhaft werden kann, indem auf ſolche Art das Rad zugleich etwas von der Natur des oberſchlächtigen und etwas von der des unterſchlächtigen Rads annimmt. Allein hiermit ſind die verſchiedenen Wirkungen des Stoßes nicht von einander unterſchieden; es erhellet daraus kein Unterſchied des Stoßes, nachdem der Strahl begrenzt oder unbegrenzt iſt, d. i. nachdem der Querſchnitt der ſtröhmenden Waſſermaſſe kleiner oder größer als die ihr entgegengeſetzte Fläche iſt. In einem

Fluß

Wenn man den Schußgerinnen unmittelbar über der Stelle, wo die Schaufelbreter am nächſten über den Boden

Fluß mag man die Schaufeln ſo groß man will machen, ſie werden allemal ganz von dem Strohm getroffen, weil hier der Strahl unbegrenzt iſt. So lange man einen Strahl, deſſen Querſchnitt 4 Quadratfuß betrüge, eine Fläche entgegenſetzte, die kleiner als 4 Quadratfuß wäre, wäre der Strahl unbegrenzt, dagegen allemal begrenzt, wenn die Fläche, welche den Stoß leidet, größer als 4 Quadratfuß wäre. Nach dieſem Begriff iſt man nun mit dem Hrn. Verf. in Anſehung des von dem Stoß eines unbegrenzten Strahls behaupteten Satzes überall einig; der unbegrenzte aber übt ohne alle Rückſicht auf eine Stauung oder auf ein anſchließendes Gerinne, ſelbſt wann der Strahl ganz frei aus einer Oefnung heraus gegen eine Fläche fährt, eine größere Gewalt aus, d. i. in dem eben gebrauchten Beiſpiel übt der Strahl gegen eine 6 Quadratfuß große Fläche eine größere Gewalt aus, als gegen eine, die nur 4 Quadratfuß hält. Und von dieſem Fall gilt es, daß die Stärke des Stoßes doppelt ſo groß werden kann, als bei einem unbegrenzten Strahl. Wenigſtens nimmt ſolches Hr. Albert Euler in ſeiner bekannten Preisſchrift Enodatio quaeſtionis, quomodo vis aquae &c. ? als richtig an, und die Theorie, welche man in Hrn. Hofrath Käſtners Hydrodynamik entwickelt findet, ſcheint ſolches zu fodern. Aber zur Beſtätigung und nähern Beſtimmung fehlt es noch an hinlänglichen übereinſtimmenden Verſuchen. Wenn die Gewalt des Stoßes auf eine Fläche, die dem Querſchnitt des Strahls gleich iſt, ε heißt, ſo ließe ſich Hrn. Eulers Sinne gemäß die Gewalt des Stoßes auf eine Fläche, welche α mal ſo groß als der Querſchnitt des anſtoßenden Strahls iſt, $= 2\varepsilon \cdot \left(1 - \frac{1}{2\alpha}\right)$ ſetzen,

wie

Boden hinſtreichen, eine viel größere Breite gibt, ſo bemerkt man zwiſchen den Rädern, die in Flüſſen betrieben werden und denen, die in Schußgerinnen laufen, einen ſehr großen Unterſchied. Da bei den erſtern die Oberfläche des Waſſers an dem Ort, wo die Maſchine angelegt iſt, keine merklich verſchiedene Lage hat, ſo iſt der Druck des Waſſers auf beide Seiten der Schaufelbreter nothwendig gleich groß, da hingegen ſolcher auf die vordere Seite weit größer iſt, wann die Räder in Schußgerinnen laufen.

412. Um in der Ausübung den Effekt unterſchlächtiger Räder zu beſtimmen, muß man nothwendig die mittlere Geſchwindigkeit kennen, nach der man die Berechnung des Stoßes anzuſtellen hat. Die größten Effekte verſchiedener Waſſerſtrahlen verhalten ſich wie die Produkte aus ihrem Gefälle in die Waſſermenge, die ſie in einerlei Zeit geben. Man muß alſo die vorhandene Waſſermenge genau angeben. Alle Schriftſteller ſind in dieſem Fall der Theorie des Gulielmini gefolgt; aber die Waſſermenge, welche man beim Ausgang eines Kanals erhält, kommt, nach dieſer Theorie beſtimmt, doppelt ſo groß heraus als ſie wirklich iſt, wie ich oben bewieſen habe. Man urtheile hieraus, in welche Irrthümer man ſich durch die Befolgung der beſten Schriften, welche über dieſen Gegenſtand erſchienen ſind, hat verleiten laſſen.

Zwee-

wie ich in meinen mechaniſchen und hydrodynamiſchen Unterſuchungen, S. 277. gewieſen habe. Ich habe aber in dem Verſuch einer neuen Theorie ꝛc. S. XXI. ſelbſten verſchiedene Erinnerungen dagegen gemacht.

Zweeter Fall.

413. Man findet auch in den Schriften über die Hydraulik die Theorie der oberschlächtigen Räder; diese ist aber sehr hypothetisch. Man weiß inzwischen, daß der Effekt, den diese Maschinen leisten, desto größer ist, je langsamer sie umlaufen. Man zieht sie den unterschlächtigen Rädern in denen Fällen vor, wo man nicht viele Aufschlagwasser haben kann, und doch einen beträchtlichen Effekt hervorbringen soll. Nach Hrn. Bossut, partie II. page 392., verhält sich der größte Effekt eines oberschlächtigen Rads zum größten eines unterschlächtigen, wie 9 zu 6,928, wobei aber jenes nur $\frac{1}{\sqrt{3}}$ so viel Wasser braucht als letzteres. *)

Dieser berühmte Akademiker hat aus einer geringen Anzahl von Versuchen, die er mit oberschlächtigen Rädern angestellt hat, geschlossen, es verhalte sich diejenige Geschwindigkeit des Rads, wobei es den größten Effekt leiste, zu derjenigen, die es annehmen würde, wenn

*) Bei gleicher Wassermenge und gleichem Gefälle wäre also die Verhältniß der größten Effekte beider Räder wie 15,8 zu 7, oder wie 9 zu 4. In der That läßt sich auch in der Ausübung, wenn das ganze Gefälle a heißt, beim oberschlächtigen Rad nur $\frac{2}{3}$ a in vollen Anschlag bringen, also, wenn die Wassermenge für eine bestimmte Zeit A heißt, sein Effekt nur $= \frac{2}{3}$ A a setzen, für eben diesen Fall ist aber der größte Effekt des unterschlächtigen Rads $= \frac{8}{27}$ A a, also ihre Verhältniß $= \frac{2}{3} : \frac{8}{27} = 18 : 8 = 9 : 4$, womit die vom Hrn. Verf. angegebene Verhältniß übereinstimmt.

wenn es ganz frei liefe, ohne einige Laſt zu wältigen, ohngefähr wie 1 zu 5.

Dritter Fall.

414. Man lieſt in der Hydrodynamik des Hrn. Boſſüt partie II. pag. 343. nachſtehendes: „Nach „der Bemerkung des berühmten Hrn. Dan. Bernoulli, „daß das Waſſer bei ſeinem Abfluß aus einem Gefäß „rückwärts mit einer Gewalt gegen dieſes Gefäß ſtoße, „deren Effekt er genau berechnet. Hr. Joh. Albert Eu„ler, ſeines großen Vaters würdiger Erbe in Geiſt und „Kenntniſſen, ſchlägt in einer von der Akademie zu Göt„tingen im J. 1754. gekrönten Preisſchrift eine Ma„ſchine vor, welche durch die Rückwirkung des Waſſers „in Bewegung geſetzt wird, und die nach ſeinen Berech„nungen vortheilhafter iſt, als wann ſie durch den Stoß „oder das Gewicht des dabei verwendeten Aufſchlagwaſ„ſers betrieben würde; aber dieſe Maſchine ſcheint in „der Ausübung viele Schwierigkeiten zu finden, und „meines Wiſſens iſt noch kein Gebrauch davon gemacht „worden. *)

415. Die Gründe, auf welche Hr. Dan. Bernoulli den Satz baut, daß das Waſſer gegen das Gefäß,

*) Ich behalte mir vor, meine Gedanken über dieſe Maſchine in der Ueberſetzung von Hrn. Boſſüts Hydrodynamik mitzutheilen. Hier erwähne ich nur, daß ich Verſuche damit ziemlich im Großen angeſtellt habe. Die Höhe der Maſchine betrug 6 Fuß, die Ausflußmündung $\frac{1}{12}$ Quadratfuß, ihre Entfernung von der Axe der Maſchine 4 Fuß, alſo der Kreis, worin ſie herum lief, 2 × 12,56 Fuß. Die Axe der Maſchine ſtand nicht völlig

ſſäß, woraus es ſtrömt, rückwärts mit einer beſtimmten Gewalt ſtoße, haben mich nicht befriedigt. Ich kenne das ſtarke Gewicht dieſes großen Mannes; da aber andere große Männer ſich in Anſehung verſchiedener Wirkungen des Drucks geirrt haben, und da Er ſelbſten verſchiedene unrichtige Vorſtellungen von einer dergleichen Wirkung gegeben hat, ſo hat es mir nützlich geſchienen, zu unterſuchen, ob das Waſſer, indem es aus einem Gefäß ſchießt, gegen daſſelbe zurückwirkt.

Wenn die Oberfläche der Waſſermaſſe in einem Gefäß, das ſich durch eine im Boden befindliche Oefnung ausleert, beſtändig ſinkt, ſo läßt ſich nicht begreifen, wie die abſchießende flüßige Maſſe gegen das Gefäß zurückwirken könnte.

Wenn man eine mit Waſſer angefüllte Flaſche umkehrt, ſo daß ſich die Oefnung zu unterſt und die Flaſche in vertikaler Stellung befinde, ſo bemerkt man, daß dieſe Flaſche während dem Auslaufen eine gewiſſe Erſchütterung leidet; aber dieſer Erfolg rühret von der Luft her, welche beim Ausfluß des Waſſers in die Flaſche dringt, und kann nicht der Rückwirkung dieſer letztern Flüßigkeit beigemeſſen werden.

416. Man gedenke ſich (fig. 63.) ein mit Waſſer angefülltes Gefäß von kubiſcher Geſtalt, deſſen Boden eine horizontale Lage habe: es iſt offenbar, daß alle ſeine

lig lothrecht, und überdas hatten ihre Zapfen eine ſehr große Friction, und dennoch machte ſie in 1 Minute 30 Umdrehungen, alſo in einer Sekunde eine halbe Umdrehung; die Ausflußöfnung durchlief alſo in 1 Sek. etwas weniges mehr als $12\frac{1}{2}$ Fuß.

ſeine vertikalen Wände einerlei Druck leiden, und daß ſolche ſich auf eben die Art von einander zu trennen ſtreben, als wenn das Gefäß leer wäre, und von außen Kräfte O, P, Q, R an den Wänden zögen, die denen gleich wären, die vorhin der innere Druck bewirkte.

Aber es verhält ſich anders, wenn man in einer dieſer Wände eine Oefnung anbringt. Die übrigen nicht durchlochten Wände leiden einen größern Druck, als die durchlochte. Wenn die Oefnung in der Mitte 1) der vordern Wand angebracht iſt, und wenn die Fläche dieſer Oefnung den zehnten Theil von dem gegen die ganze Wandfläche ausgeübten Druck litte, ſo muß die Kraft O um den zehnten Theil ſchwächer werden als die Kraft Q; dieſe wird alſo ſchwächer; wenn endlich das Gefäß auf Walzen ruhte, ſo daß es dem geringſten Stoß ausweichen müßte, ſo müßte es ſich, ſo lange es angefüllt erhalten würde, beſtändig nach der Richtung der Kraft Q fortbewegen.

417. Es iſt noch übrig zu unterſuchen, ob es möglich ſei, daß eine Waſſermaſſe durch ihren Druck eine größere Wirkung ausüben könne, als durch ihren Stoß oder durch ihr Gewicht. Es iſt offenbar, daß man den Druck des Waſſers auf die Bewegung der Räder nicht anders anwenden kann, als ſolche horizontal herumzudrehen.

Die 64. fig. ſtellt die Ebene eines dergleichen Rads vor, deſſen Arme A B an ihren Enden mit Käſten

1) Wenn die Oefnung anderswo angebracht wäre, ſo wäre es allemal leicht, nach den Grundlehren der Mechanik die Richtung der entgegengeſetzten und ungleichen Kräften O und Q zu beſtimmen.

421. Wenn man alſo zwei Räder von gleichen Abmeſſungen mit einander vergleicht, die einerlei Geſchwindigkeit haben ſollten, und deren Bewegung durch einerlei Waſſermenge unterhalten würde; wenn man, ſage ich, zwei Räder vergleicht, wovon das eine durch das Gewicht des Waſſers, und das andere durch den Druck in Bewegung geſetzt würde, ſo ſieht man, daß, wenn die in einem Kaſten befindliche Waſſermaſſe das eine Rad mit ſeinem ganzen Gewicht in Umlauf brächte, die Wirkung des Drucks auf das andere Rad gänzlich verſchwinden müßte. Es iſt alſo offenbar, daß es vortheilhafter iſt, das Gewicht des Waſſers als ſeinen Druck zu gebrauchen, um Räder in Bewegung zu ſetzen. *)

Die Wahrheit dieſes Satzes kann noch auf eine andere Art ſehr begreiflich gemacht werden. Man betrachte einen Kaſten, deſſen vordere Fläche irgend eine Oefnung habe: es iſt gewiß, daß in dem Fall, wo die von der Oefnung eingenommene Stelle einen Druck litte, der dem Gewicht des im Kaſten enthaltenen Waſſers gleich-

während dieſes Abfluſſes durch die gegenüber liegende Wand eine Oefnung, jener gegenüber, bohren; in dem vom Hrn. Verf. erwähnten Fall dürfte durch ſolche Oefnung kein Tropfen Waſſer auslaufen, weil das Waſſer gar keinen Druck gegen dieſes Wandſtück ausübte, und in andern Fällen, wo die Oefnung kleiner als die Weite des Gefäßes wäre, könnte wenigſtens durch dieſe zweite Oefnung nicht ſo viel Waſſer auslaufen, als durch die erſte. Aber die Unrichtigkeit dieſes Satzes fällt Jedem gleich in die Augen.

*) Die Unrichtigkeit dieſes Schluſſes erhellet aus der Anmerkung zum vorigen §.

leich wäre, dieſe flüßige Maſſe ganz frei ablaufen, und er Druck auf die entgegengeſetzte Fläche völlig verchwinden müßte; *) es iſt auch gewiß, daß, wenn nan die Oefnung kleiner macht, der Druck auf die Fläche, welche der durchlochten entgegengeſetzt iſt, größer verden müſſe. Aber die Geſchwindigkeit des aus der Oefnung ſtröhmenden Waſſers wird immer deſto größer, e kleiner dieſe Oefnung wird: es muß alſo die Wirkung es in jedem Augenblick aus der Oefnung laufenden Waſers in allen Fällen größer ſein, als die Wirkung des Drucks auf die entgegengeſetzte Wandfläche. Es kann alſo der Druck des Waſſers nicht ſo vortheilhaft anewendet werden, als ſein Stoß, um Räder zu beeiben. **)

422.

*) Es liegt hierin ganz und gar keine neue Vorſtellungsart, ſondern es iſt die ſchon §. 420. gebrauchte.

**) Die Meinung iſt ohne Zweifel dieſe: wenn gleich der Druck durch Verkleinerung der Oefnung vergrößert werde, man ſich alſo hierdurch der Wirkung des Stoßes nähere, ſo werde dagegen auch die Wirkung des Stoßes wegen der zunehmenden Geſchwindigkeit des ausſtröhmenden Waſſers vergrößert, daher der erwähnte Druck auch der Wirkung des Stoßes niemalen gleich kommen könne. Allein es liegt hierin ganz und gar nichts Zuſammenhängendes. Denn die Wirkung des Drucks kann durch Verkleinerung der Oefnung nach des Hrn. Verf. eigenen Lehren ſo groß werden, als das Gewicht einer Waſſerſäule, welche den Querſchnitt des ausſtröhmenden Strahls zur Grundfläche und die mittlere Waſſerhöhe über der Oefnung zu ihrer Höhe hat. Die Wirkung des Stoßes kann gleichfalls nach des Hrn. Verf. eigenen Lehren zum höchſten ſo groß werden, als die

422. Ich mache den Beſchluß meines Werks mit einigen Betrachtungen über nachfolgende Stelle in Hrn. Boſſüt Hydrodynamik, tom. I. pag. 381.

„Am Ende des vierzehnten Artikels wird geſagt, „daß der Druck einer in Bewegung befindlichen flüſſi„gen

Gewalt des Stoßes eines Waſſerſtrahls, der von eben der vorigen Höhe herabfiele, und eben die vorige Fläche zur Grundfläche hätte; wenn aber der Effekt des Drucks = 1 geſetzt wird, ſo iſt der größtmögliche Effekt des Stoßes nur = $\frac{8}{27}$, alſo bei weitem kleiner. Man ſieht hieraus, daß der Hr. Verf. überhaupt von der Rückwirkung des Waſſers und deſſen Anwendung auf die Bewegung horizontaler Räder eben ſo verwirrt als unrichtig geurtheilt hat. Im 416ten §. hatte er ſelbſten gewieſen, daß bei der Rückwirkung des Waſſers ſolches gegen die der Oefnung gegenüber liegende Stelle genau, ſo wie das Gewicht der zugehörigen Waſſerſäule wirke; warum ſucht er dieſen Satz in der Folge wieder zu verdunkeln, und warum zeigt er nicht vielmehr, ob und wie dieſe Kraft bei wirklicher Umdrehung eines Rads für jede beſtimmte Geſchwindigkeit abgeändert wird? Die tiefe Theorie, welche Hr. Hofr. Karſten über dieſen Gegenſtand im XXXIII-XXXV. Abſchnitt ſeiner Hydraulik vorgetragen hat, war unſerm Hrn. Verf. zuverläßig ganz unbekannt, er würde ſonſten behutſamer geurtheilt, und wenigſtens von ſeiner Perſon den gegründeten Vorwurf abgelehnt haben, daß die Franzoſen die Verdienſte deutſcher Mathematiker zu wenig kennen. Ich erinnere nur noch dieſes, daß der oben (Anm. §. 414.) von mir erwähnte Verſuch es völlig entſcheidet, daß ein Rad, durch die Rückwirkung des Waſſers betrieben, einen beträchtlich größern Effekt leiſtet, als wenn es unter ſonſt gleichen Umſtänden durch den Stoß des Waſſers in Bewegung geſetzt wird.

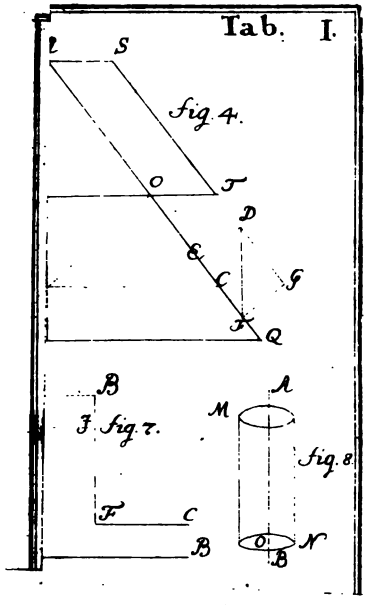
„gen Maſſe gegen die Wände des Gefäßes verneint wer„den könne. Die Berechnungen laſſen hierüber gar kei„nen Zweifel übrig: aber es legt die Wahrheit dieſes „Satzes auch nachfolgende Erfahrung des Hrn. Dan. „Bernoulli ganz deutlich vor Augen.

„A C F B (fig. 66.) iſt ein Zilinder, an deſſen „Boden eine koniſche Röhre D G H E angebracht iſt, „woran ſich wieder ein Seitenröhrchen l befindet, in „das die eine Mündung einer gebogenen Glasröhre l m n „eingreift. Die von Hrn. Bernoulli gebrauchten Ab„meſſungen ſind dieſe: C A = 3 Zoll 10 Linien; E l „= 4 Lin.; l H = 2 Zoll 9½ Lin.; l m n = 5 Zoll 6 „Lin.; der Querſchnitt der koniſchen Röhre bei l verhält „ſich zur Fläche der Oefnung G H, wie 10 zu 16. „Die Oefnung n der Röhre l m n liegt unter dem Waſ„ſerſpiegel im Gefäß M. Legt man den Finger an die „Oefnung G H, indem man das Gefäß A C F B mit „Waſſer anfüllt und beſtändig angefüllt erhält, ſo fließt „das Waſſer durch die Röhre l m n in das Gefäß M „herab; nimmt man hierauf den Finger weg, um dem „Waſſer den Abfluß durch G H zu geſtatten, ſo ſteigt „das Waſſer aus dem Gefäß M durch die Röhre n m l „in die Höhe, und fließt durch die Oefnung G H heraus: „das Gefäß M leert ſich völlig aus. Wenn man einen „Theil der Oefnung G H verſtopft, ſo kann man erhal„ten, daß das Waſſer in der Glasröhre l n m ſteigt oder „fällt, wie man es verlangt. Es iſt leicht, dieſe Er„ſcheinung zu erklären. Wenn das Waſſer aus dem Ge„fäß M durch die Röhre n m l in die Höhe ſteigt, ſo ge„ſchieht ſolches, weil der Druck des Waſſers längſt der „koniſchen Röhre D G H E in l verneint wird, und daher „der Druck der Atmoſphäre auch den Waſſerſpiegel im

„Gefäß M das Waſſer durch n m l zu ſteigen nöthigt. „Eben dieſer Druck der Atmoſphäre hindert alsdann die „Theile der flüßigen Maſſe, ſich von einander zu trennen.„

Man begreift leicht, daß das Waſſer, indem es durch eine lothrechte zilindriſche Röhre frei herausſtröhmt, keinen Druck gegen die Röhrenwand ausübt; aber der Druck verſchwindet allemal, es mag das Waſſer der Röhrenwand folgen, oder es mag der in D E zuſammengezogene Waſſerſtrahl, indem er hiernächſt beſchleunigt wird, die Röhrenwand unterhalb D E nicht mehr berühren. Die Vorſtellung von einem verneinten Druck ſetzt das Daſein einer Kraft voraus, die auf die Röhrenwand nach entgegengeſetzter Richtung wirkt, d. i. welche die innere Wand von außen nach innen druckte. Dieſe Kraft iſt aber hier eine bloße Erdichtung, und es iſt gar nicht nöthig, ſolche zu Hülfe zu nehmen, um die erwähnte Erſcheinung zu erklären.

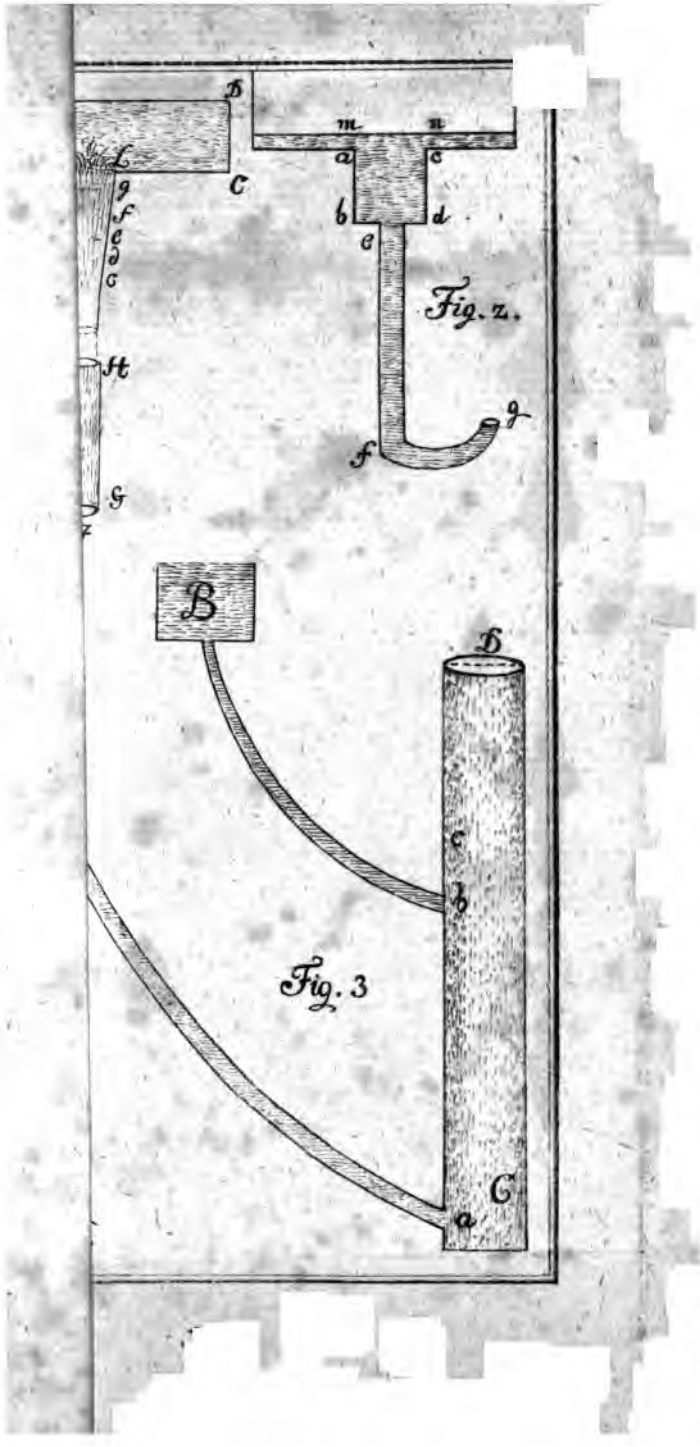
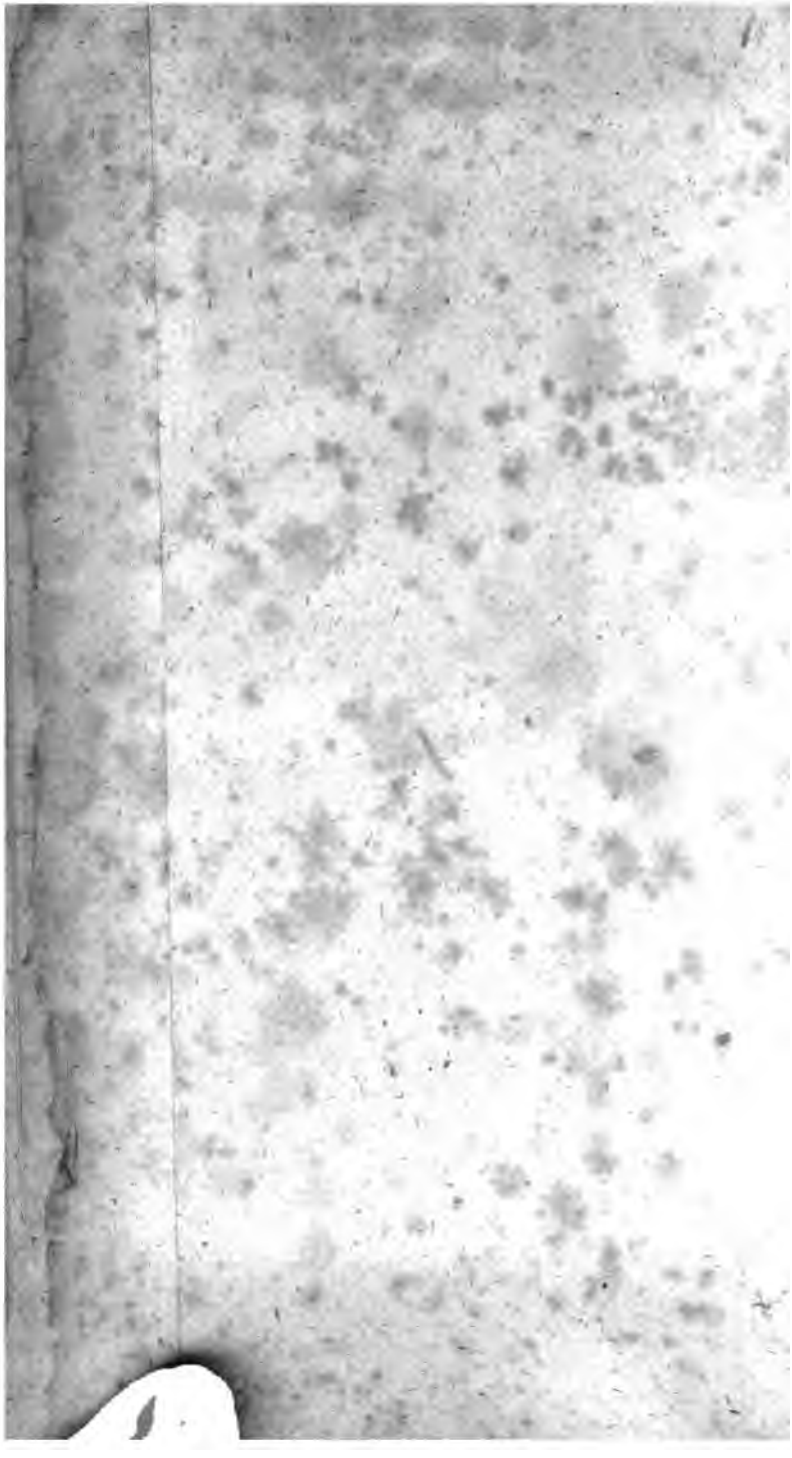
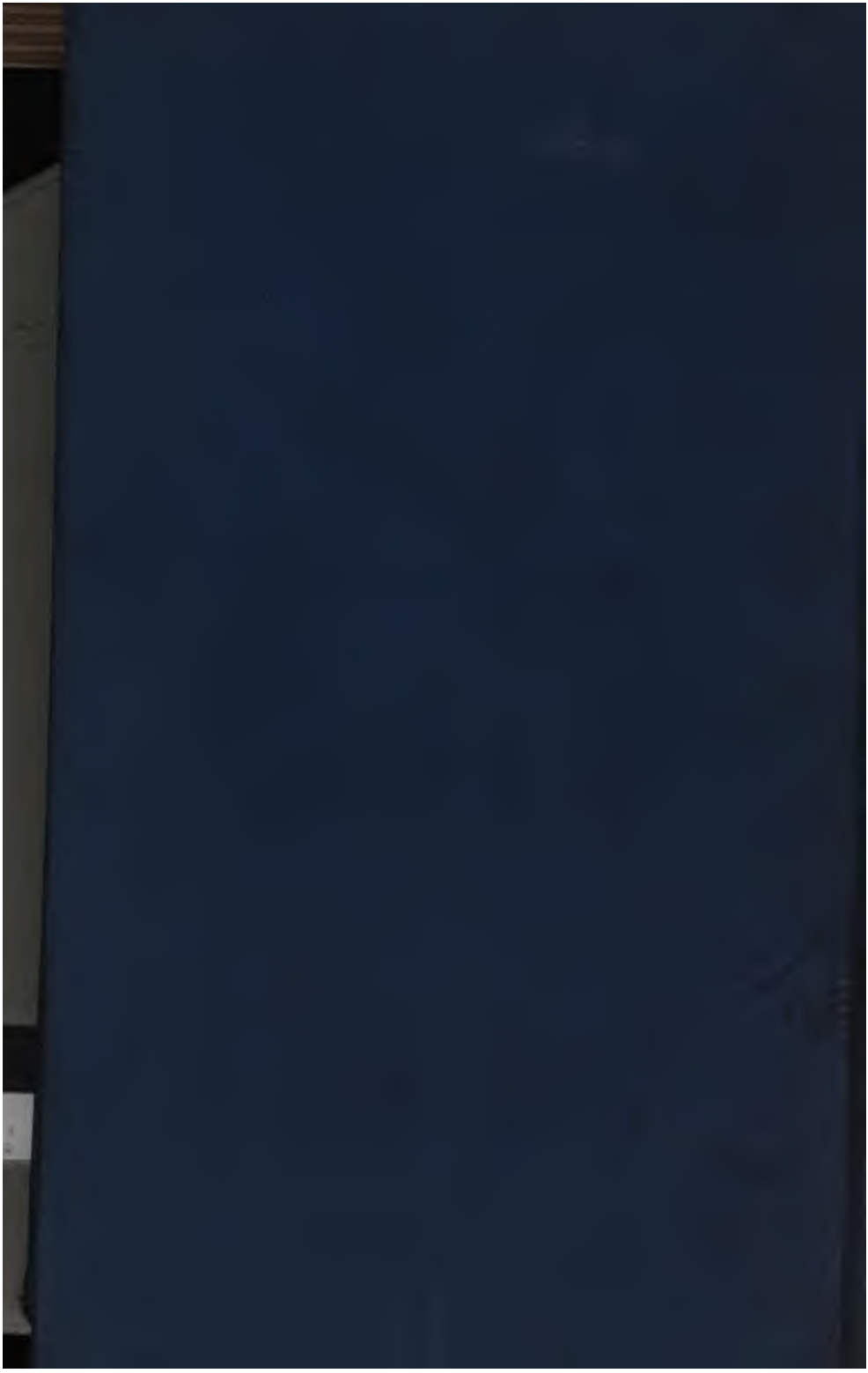
Man muß bei dieſer Begebenheit I) bemerken, daß die Fläche der Oefnung D E kleiner iſt, als die in G H. II) Man muß ſich erinnern, daß die eingeſteckten Röhren die Zuſammenziehung des herausſchießenden Strahls vermindern, aber nicht aufheben; wenn nun die Zuſammenziehung ſtatt hätte, ſo könnte das Waſſer, da es unterhalb D E beſchleunigt wird, hiernächſt die Wand der Röhre D G nicht berühren. III) Wir haben gezeigt, daß die Verminderung des Effekts der Zuſammenziehung oder die Vergrößerung der abfließenden Waſſermenge durch die anziehende Kraft der Röhrenwand bewirkt wird; es iſt aber offenbar, daß, wenn in dieſem Fall das Waſſer der Röhrenwand nach ihrer ganzen Länge folgt, ſolches gleichwohl in ſeinem Abfluß nicht die ganze Röhre in l


Tab. I.
S
fig. 4.
O
T
D
E
C
G
F
Q
B
fig. 7.
M
A
fig. 8.
F
C
B
O
N
B

Waſſer daſelbſt nicht leicht an der Wand herabflöſſe, würde ſolches im Innern eine Leere laſſen, welche di Luft ausfüllen würde, und die, indem ſie ihre Wirkung bei l äußerte, dem Waſſer nicht geſtatten würde, ſich in der Röhre l m n zu erhalten.

Es iſt klar, daß, wenn bei einer zilindriſchen Geſtalt der Röhre D E G H das Waſſer frei und unter Ausfüllung der ganzen Röhre herabfällt, die in l m n enthaltene flüßige Maſſe ohne alle Bewegung ſchwebend bleibt; iſt endlich die Röhre D E G H koniſch, ſo nämlich, daß ſich die kleinere Oefnung unten befindet, ſo muß das in der kleinen Röhre befindliche Waſſer in das Gefäß M herabfließen. *)

*) In denen ſchon 1782 von mir erſchienenen mechaniſchen und hydrodynamiſchen Unterſuchungen findet man nicht nur die ausführliche Erklärung der Bernoulliſchen Beobachtung, ſondern auch noch Veranlaſſung zu verſchiedenen Verbeſſerungen der hier gegebenen Erklärung.


B
m
n
a
c
b
d
e
f
g
C
Fig. 2.
B
D
c
b
a
C
Fig. 3